Die elektrolytischen Metallniederschläge

Lehrbuch der Galvanotechnik mit Berücksichtigung der Behandlung der Metalle vor und nach dem Elektroplattieren

von

Dr. W. Pfanhauser jr.

Mit 173 in den Text gedruckten Abbildungen

BERLIN
VERLAG VON JULIUS SPRINGER
1910.

Meinem lieben Vater

Wilh. Pfanhauser sen.

dem Begründer der deutschen Galvanotechnik

in herzlichster Dankbarkeit
gewidmet.

Vorwort zur IV. Auflage.

Seit dem Erscheinen der ersten Ausgabe unseres damals betitelten Werkes: »Die galvanische Metallplattierung und Galvanoplastik« im Jahre 1878, welcher bereits zwei weitere Auflagen folgten, deren Wert für die Ausgestaltung unserer Industrie von den Fachgenossen rühmlichst anerkannt wurde, haben sich die beiden Schwesterwissenschaften, die Elektrotechnik und Elektrochemie, in einer so vollkommenen Weise ausgestaltet, daß wir uns veranlaßt fühlten, diese »vierte Ausgabe« ganz neu zu bearbeiten.

Wir haben unser Augenmerk darauf gerichtet, neben den praktischen Winken und Vorschriften zur Erzielung brauchbarer elektrolytischer Metallniederschläge auch die Grundzüge der einschlägigen Theorie zu bringen, wie sie bisher in keinem ähnlichen Werk gebracht wurden. Wir wollen damit dem aufstrebenden Praktiker Gelegenheit bieten, sich in die sehr interessanten Vorgänge, die sich bei der elektrolytischen Metallabscheidung abspielen, einzuweihen und ihm die nötige Aufklärung über bisher unerklärt gebiebene Erscheinungen verschaffen; wir wollen den Elektroplattierer, der in den seltensten Fällen ein theoretisch gebildeter Elektotechniker oder Elektrochemiker sein wird, mit dem Wesen und der Wirkungsweise der Stromquellen und mit der Regulierung der Stromverhältnisse vertraut machen, behufs guter Resultate; wir wollen ihn lehren, bei vorkommenden Störungen oder Mißerfolgen deren Ursachen an den Erscheinungen zu erkennen, damit er den Mängeln selbständig abhelfen kann.

Wir haben vorliegendes Werk in zwei Hauptabschnitte eingeteilt; in einen theoretischen und in einen praktischen Teil.

Die nach Möglichkeit gemeinverständlich gehaltenen Erläuterungen der theoretischen Vorgänge sind vorerst zum Gegenstand des Studiums zu machen, ehe an das der praktischen Ausführung der verschiedenen Elektroplattiermethoden geschritten wird, da im praktischen Teil des öftern auf Kapitel des theoretischen Teiles hingewiesen werden muß, in denen die Erklärung für Bezeichnungen und Gesetzmäßigkeiten zu finden ist, die als bekannt vorausgesetzt werden.

Der praktische Teil soll dem erfahrenen Elektroplattierer als Nachschlagebuch dienen, dem Anfänger zum Studium der praktischen Ausführung der verschiedenen Elektroplattiermethoden. Die Verfasser hoffen durch Anführung der häufigst vorkommenden »Fehler der Anfänger« diese bei der Erlernung der Elektroplattierung dagegen zu schützen, ihnen die Arbeit zu erleichtern, Mißerfolge und Schaden zu ersparen.

Wir haben die Art der Vorbereitung der Metallwaren zum Elektroplattieren (Entfetten, Dekapieren), ferner die Manipulation bei den verschiedenen Elektroplattierungen und die Vollendungsarbeiten in einer dem modernen Betrieb unserer Industrie entsprechenden Weise erklärt.

Um dem nach verläßlichen Bäderzusammensetzungen suchenden Praktiker die Wahl leicht zu machen, haben wir uns darauf beschränkt, nur die bewährtesten, als bestgeeignet befundenen Bäder vorzuschlagen.

Besondere Sorgfalt haben wir den elektrischen Größen an Stromquellen und Bädern zugewendet und hoffen dadurch unsere Industrie über den bisher empirischen Standpunkt zu heben, sie zu einer genau berechnenden, sicher arbeitenden auszugestalten. Die bei jedem Bad angegebenen elektrolytischen Daten werden auch dem erfahrenen Praktiker erwünscht und vorteilhaft sein; die Werte wurden durch genaue Messungen der Verfasser bestimmt, so daß mit ihrer Hilfe für jede Elektrodenentfernung, bei

vielen Bädern auch für mehrere Stromdichten die genaue Badspannung im voraus einfach berechnet werden kann, ein Fortschritt, von dem wir uns, was die wissenschaftliche Ausgestaltung unserer Industrie betrifft, viel versprechen.

Um auch dem Nichttheoretiker die zumeist hierauf bezüglichen Erörterungen verständlich zu machen, haben wir diese so populär gehalten, als es die für unsere Industrie erforderliche moderne fachmännische Ausbildung zuläßt.

Die Verwertung der technischen Meßinstrumente hat in der Elektroplattierung für den rationell Arbeitenden große Bedeutung erlangt. Die Anwendung und der Wert dieser Meßinstrumente wird im theoretischen Teil klargelegt; dem Praktiker wird dadurch so manches in der Arbeit sowohl wie in der Kalkulation erleichtert, dem Anfänger rascher zu guten und sicheren Resultaten verholfen.

Dem langgehegten Wunsch, das. Gewicht der Metallniederschläge auf die zu elektroplattierenden Gegenstände voraus berechnen zu können, wurde in dieser neuen Ausgabe Rechnung getragen. Zu diesem Zwecke wurden für die verschiedenen Bäder die Stromausbeuten ermittelt, die sich bei den üblichen im praktischen Teil angegebenen Stromdichten ergeben, und schwanken die mit ihrer Hilfe erreichbaren Resultate innerhalb der Grenzen der von der Praxis verlangten Genauigkeit.

Anstatt der veralteten, ganz unrichtigen Bezeichnung »Galvanisieren« wählten wir »Elektroplattieren« und anstatt »galvanische Metallniederschläge« sagen wir »elektrolytische Metallniederschläge«, und zwar deswegen, weil ja dem ganzen Prozeß unserer Industrie die Elektrolyse zugrunde liegt und weil wir von dem Grundsatz ausgehen, daß auf elektrolytischem Weg eine solide Plattierung von beliebiger Stärke erzielt werden kann, welche die alte mechanische Plattierung an Stärke und Dauerhaftigkeit übertrifft, überdies gegen diese den Vorteil hat, ganz nach Belieben des Elektroplattierers auf $^{1}/_{10000}$ mm genau erzeugt werden zu können.

Wir hoffen mit dieser »vierten Ausgabe« unseres Werkes allen Anforderungen entsprochen zu haben, welche die Praxis an ein vollständiges Handbuch der Elektroplattierung, Galvanoplastik und Metallpolierung zu stellen berechtigt ist, und damit zur Vervollkommnung unserer Industrie beigetragen zu haben.

Wien, im Mai 1900.

Die Verfasser.
Wilh. Pfanhauser sen.
und
Dr. W. Pfanhauser jr.

Vorwort zur V. Auflage.

»Nimm Dir Arbeit vor, als wenn
Du noch hundert Jahre zu leben
hättest und arbeite so, als müßtest
Du schon morgen sterben.«

Es sind nun zehn Jahre verflossen, seitdem sich Verfasser gemeinsam mit dem Seniorchef der ehemaligen Firma Wilh. Pfanhauser an der vorigen Auflage dieses ältesten deutschen Handbuches mit der bereits damals umfangreichen Materie literarisch betätigte. In dieser großen Spanne Zeit ist manches Neue auf dem Gebiete der Galvanotechnik entstanden, und war sich Verfasser bei der Neubearbeitung dieses Werkes wohlbewußt, daß es schier unmöglich sein würde, allen Neuerungen wissenschaftlicher und technischer Art in diesem Handbuche Rechnung zu tragen.

Schon im Jahre 1900 versuchte Verfasser den technischen Arbeitsweisen der Galvanotechnik durch präzisere Angaben und durch auf fachwissenschaftlicher Grundlage aufgebaute Erläuterungen ein wissenschaftlicheres Gepräge zu geben, als es bis dahin, wenigstens soweit die einschlägigen Handbücher der Galvanotechnik in Betracht kamen, der Fall war. Mit großer Genugtuung konnte Verfasser konstatieren, daß auch andere Autoren sich dieser Richtung anschlossen, und heute ist die Galvanotechnik, dank einer gemeinschaftlichen ersprießlichen Zusammenarbeit der Hauptvertreter unserer Branche, auf einem Niveau angelangt, welches die Erwartungen des Verfassers von damals übertrifft.

Der unermüdliche deutsche Forschungsgeist kennzeichnet sich durch eine Unzahl von Patenten, die gerade auf unserem Gebiete in den letzten Jahren angemeldet bzw. erteilt wurden, doch entsprach es nicht dem instruktiven Charakter dieses Handbuches, auf alle Details der Patentliteratur einzugehen.

Verfasser begnügte sich damit, die wesentlichsten Erscheinungen dieser Patentliteratur zu besprechen, da sonst der Inhalt zu umfangreich geworden wäre.

Da auch diese Auflage wieder vorwiegend als Behelf für den praktisch arbeitenden Galvanotechniker bestimmt ist, wurden die Darstellungen der einzelnen Methoden und ihre wissenschaftlichen Begründungen nach Möglichkeit gemeinverständlich gehalten, und erhebt sohin das vorliegende Werk keinen Anspruch auf reine Wissenschaftlichkeit.

Es wurde dem Verfasser um so leichter, sich mit seinen Ausführungen an den Praktiker zu wenden, als ihm durch seinen Vater Wilh. Pfanhauser sen. in praktischer Weise hierin durch jahrelanges Zusammenarbeiten Unterricht erteilt wurde. Verfasser entledigt sich daher an dieser Stelle der Pflicht, seinem Vater und Lehrmeister für die erteilte Unterweisung zu danken, und spricht seine Freude darüber aus, das vorliegende Handbuch ihm in Dankbarkeit widmen zu dürfen.

Verschiedentlich hat sich Verfasser veranlaßt gesehen, auf besondere Verfahren und Einrichtungen hinzuweisen, die von den Langbein-Pfanhauser-Werken Akt.-Ges. als erster und renommierter Spezialfirma der Branche vertrieben werden. Dieser Hinweis schien um so gebotener, als dem nach ausprobierten und nach verläßlich arbeitenden Bäderzusammensetzungen suchenden Praktiker kaum ein besserer Rat erteilt werden könnte, als sich spezielle Anleitung und Rat bei solchen Spezialfirmen zu holen.

Verfasser war stets bestrebt, die Fortentwicklung der galvanotechnischen Industrie durch seine Mitteilungen zu fördern, und es dürfte auch das vorliegende Werk manchem Anregung geben, der Galvanotechnik neue Arbeitsgebiete zu eröffnen.

Leipzig, im November 1910.

Dr. W. Pfanhauser.

Inhaltsübersicht.

I. Theoretischer Teil.

II. Praktischer Teil.

III. Galvanoplastik.

I.

Theoretischer Teil

Zeichenerklärung und Abkürzungen.

mm	=	Millimeter.
cm	=	Zentimeter.
dm	=	Dezimeter.
m	=	Meter.
qmm	=	Quadratmillimeter.
qcm	=	Quadratzentimeter.
qdm	=	Quadratdezimeter.
qm	=	Quadratmeter.
cbmm	=	Kubikmillimeter.
cbcm	=	Kubikzentimeter.
cbdm	=	Kubikdezimeter.
cbm	=	Kubikmeter.
l, L	=	Längen.
q, Q	=	Querschnitte.
t	=	Zeit.
sek	=	Sekunde.
min	=	Minute.
St	=	Stunde.
Σ	=	Summe.
°C	=	Grad Celsius.
Cal	=	Kalorie.
gCal	=	Grammkalorie.
g	=	Gramm.
kg	=	Kilogramm.
s	=	spezifisches Gewicht.
∅	=	Durchmesser.
+	=	positiv.
—	=	negativ.
A	=	Amper.
V	=	Volt.
Ω	=	Ohm.
i, J	=	Stromintensität, Stromstärke.
e, E	=	Spannung.
ξ	=	Polarisationsspannung.
w, W	=	Widerstände.
W_B	=	Badwiderstand.
W_s	=	spezifischer Widerstand.
σ	=	Stromausbeute.
K	=	elektrische Leitfähigkeit.
α	=	Temperaturkoëffizient.
W_a	=	äußerer Widerstand.
W_i	=	innerer Widerstand.
EMK	=	elektromotorische Kraft.
SE	=	Siemenseinheit.
ND_{100}	=	Stromdichte pro qdm-Fläche.
ASt	=	Amperstunde.
ei, EJ	=	Watt, Voltamper.
WSt	=	Wattstunde.
HW	=	Hektowatt = 100 Watt.
HWSt	=	Hektowattstunde.
KW	=	Kilowatt = 1000 Watt.
KWSt	=	Kilowattstunde.
PS	=	Pferdestärke.
PSSt	=	Pferdekraftstunde.
Ae	=	elektrochemisches Äquivalent.
WV_h	=	stündlicher Wattverlust.
WV_j	=	jährlicher Wattverlust.
C	=	Kapazität eines Akkumulators.

AM = Ampermesser.
VM = Voltmesser.
AS = Ausschalter.
HA = Handausschalter.
AA = Automatischer Ausschalter.
U = Umschalter.
VU = Voltumschalter.
BS = Bleisicherung.
SRZ = Stromrichtungszeiger.
NR = Nebenschlußregulator.
BR = Badstromregulator.
Acc = Akkumulator.
DM = Dynamomaschinen.
MW = Magnetwicklung.
EM = Elektromotor.
EB = Elektroplattierbad.
γ = Wirkungsgrad.
AW = Amperwindungszahl.
N = Kraftlinienzahl.
Z = Drahtzahl.
v = Geschwindigkeit.
n = Tourenzahl.
η = Stromausbeute.

Chemische Grundbegriffe.

Entstehen aus einem Körper durch irgend einen Vorgang solche von anderer Beschaffenheit, so sagt man, der Körper ist zersetzt worden. Die so erhaltenen Produkte nennt man Zersetzungsprodukte. Wird z. B. Silberoxyd in einem Glasrohr erhitzt, so wird sich das Silberoxyd in Silber und Sauerstoff zerlegen, was man daran erkennt, daß ein in das Rohr gebrachter glimmender Span durch den die Verbrennung begünstigenden Sauerstoff entzündet wird. Wir erhalten demnach bei der Zersetzung von Silberoxyd die Zersetzungsprodukte Silber und Sauerstoff; diese sind durch keinen Prozeß weiter zerlegbar, sie sind Grundstoffe, Elemente. Zwei oder mehrere solcher Elemente können sich durch geeignete Prozesse zu chemischen Verbindungen vereinigen.

Beispiel: Leitet man über metallisches Kupfer, das man in Pulverform in ein Glasrohr aus schwer schmelzbarem Glas bringt und darin erhitzt, gasförmigen Sauerstoff, so wird eine Vereinigung der beiden Elemente stattfinden, es wird sich Kupferoxyd bilden.

Diese eben besprochenen Vorgänge, Trennung von Elementen und Vereinigung derselben zu chemischen Verbindungen, bezeichnet man allgemein als chemische Prozesse.

Jeder chemische Körper ist teilbar; zerstoßen wir die Kristalle von Kupferchlorid zu einem feinen Pulver, so erhalten wir schließlich so kleine Teilchen, daß sie mechanisch nicht mehr verkleinert werden können; diese kleinsten Teilchen sollen uns etwa das vorstellen, was der Chemiker ein »Molekül« nennt. Jedes solche Molekül, in unserem Fall jedes Kupferchloridmolekül besteht aber noch immer aus zweierlei Elementen, und zwar aus Kupfer und Chlor. Die in einem Molekül enthaltenen kleinsten Teilchen von Elementen nennt man »Atome«; so besteht das Molekül Kupferchlorid aus Kupfer- und Chloratomen.

Tabelle der Symbole und Atomgewichte der Elemente.

Bezogen auf Sauerstoff = 16.

Namen des Elementes	Symbol	Atomgewicht	Namen des Elementes	Symbol	Atomgewicht
Aluminium	Al	27,11	Natrium	Na	23,05
Antimon	Sb	120,1	Nickel	Ni	58,7
Arsen	As	75	Niobium	Nb	94
Barium	Ba	137,4	Osmium	Os	190,8
Beryllium	Be	9	Palladium	Pd	106,5
Blei	Pb	206,9	Phosphor	P	31,02
Bor	B	10,95	Platin	Pt	194,8
Brom	Br	79,96	Quecksilber	Hg	200
Cadmium	Cd	112,1	Rhodium	Rh	102,9
Caesium	Cs	132,9	Rubidium	Rb	85,4
Calcium	Ca	40,04	Ruthenium	Ru	103
Cerium	Ce	141	Sauerstoff	O	16
Chlor	Cl	35,45	Scandium	Sc	44
Chrom	Cr	52,14	Schwefel	S	32,06
Didym	Di	145	Selen	Se	79
Eisen	Fe	56,02	Silber	Ag	107,92
Erbium	Er	166	Silicium	Si	28,4
Fluor	F	19,05	Stickstoff	N	14,04
Gallium	Ga	70	Strontium	Sr	87,62
Germanium	Ge	72	Tantal	Ta	182
Gold	Au	197,3	Tellur	Te	125,3
Indium	In	113,4	Thallium	Tl	204,2
Jod	J	126,86	Thorium	Th	231
Iridium	Ir	193	Titan	Ti	48
Kalium	K	39,14	Uran	U	240
Kobalt	Co	58,9	Vanadium	V	51,3
Kohlenstoff	C	12	Wasserstoff	H	1,008
Kupfer	Cu	63,6	Wismut	Bi	208,5
Lanthan	La	139	Wolfram	W	185
Lithium	Li	7,03	Yttrium	Y	89
Magnesium	Mg	24,34	Zink	Zn	65,4
Mangan	Mn	55	Zinn	Sn	119
Molybdän	Mo	96	Zirkonium	Zr	90,6

Während ein Molekül frei für sich existieren kann, was schon aus der früher angegebenen Definition durch Teilung hervorgeht, ist dies bei den Atomen nicht der Fall. Zu einem existenzfähigen Teilchen, das nur aus einem Element zusammengesetzt ist, sind, damit es existenzfähig wird, mindestens zwei Atome nötig; so besteht das kleinste Teilchen metallischen Kupfers, das Molekül Kupfer, aus zwei Kupferatomen. Zur abgekürzten Bezeichnung der Elemente, wie für die einfachere Bezeichnung von Verbindungen hat man in der Chemie für jedes Element ein Symbol gewählt, und zwar zumeist den Anfangsbuchstaben des Namens des Elementes. Da es nun öfters vorkommt, daß zwei oder mehrere Elemente den gleichen Anfangsbuchstaben besitzen, so hat man mitunter den Anfangsbuchstaben der lateinischen Bezeichnung gewählt oder dem ersten Buchstaben der deutschen Bezeichnung einen charakteristischen zweiten Buchstaben angefügt (siehe Tabelle S. 6).

Jedes Atom der verschiedenen Elemente hat ein bestimmtes Gewicht, das gleichzeitig die Zahl angibt, in welchem Gewichtsverhältnis es sich mit einem anderen Element verbindet. Man nennt sie die »Atomgewichte«, und hat als Gewicht 1 das Gewicht des Wasserstoffes gewählt; hat also ein Atom das Atomgewicht 100, so heißt das, es verbinden sich 100 Gewichtsteile dieses Elementes mit einem Gewichtsteil Wasserstoff.

Die Elemente verbinden sich untereinander zu Verbindungen nach einem bestimmten Gesetz, und zwar nach der Größe ihrer atombildenden Kraft, die man Valenz oder Wertigkeit nennt. Als Einheit dieser Kraft gilt diejenige, welche ein Atom Wasserstoff festhalten kann. Elemente, welche eine solche Größe der Wertigkeit besitzen, nennt man einwertige Elemente. Besitzen sie zwei, drei oder mehrere solcher Einheiten, so sind sie zwei-, drei- oder mehrwertig. Nachfolgend sind die Elemente nach ihrer Valenz geordnet:

Einwertige Elemente:

Wasserstoff, Chlor, Brom, Jod, Fluor, Kalium, Natrium, Lithium, Rubidium, Cäsium, Silber.

Zweiwertige Elemente:

Sauerstoff, Schwefel, Selen, Tellur, Calcium, Strontium, Baryum, Magnesium, Beryllium, Cer, Lanthan, Didym, Yttrium, Erbium, Zink, Cadmium, Blei, Kupfer, Quecksilber.

Zwei- und dreiwertige Elemente:

Eisen, Mangan, Kobalt, Nickel, Chrom.

Drei- und fünfwertige Elemente:

Stickstoff, Phosphor, Arsen, Antimon, Wismut, Vanadium, Tantal, Niobium.

Dreiwertige Elemente:

Bor, Scandium, Thallium, Gold.

Vierwertige Elemente:

Kohlenstoff, Silicium, Aluminium, Indium, Gallium, Zinn, Titan, Zirkonium, Thorium, Germanium, Platin, Palladium, Iridium, Rhodium, Osmium, Ruthenium.

Sechswertige Elemente:

Wolfram, Molybdän, Uran.

Zwei Elemente, welche gleiche Wertigkeit besitzen, sind zueinander gleichwertig, äquivalent; gleichwertige Gewichtsmengen zweier Elemente bezeichnet man als äquivalente Mengen. So ist das einwertige Silber äquivalent mit dem einwertigen Chlor, es verbindet sich daher ein Atom Silber mit einem Atom Chlor zu einem Molekül Chlorsilber, oder 107,92 Gewichtsteile Silber geben mit 35,45 Gewichtsteilen Chlor $= 107{,}92 + 35{,}45 = 143{,}37$ Gewichtsteile Chlorsilber, der Chemiker sagt: 107,92 Gewichtsteile Silber sind mit 35,45 Gewichtsteilen Chlor äquivalent. Betrachten wir hingegen die Verbindung des zweiwertigen Magnesiums mit dem einwertigen Chlor, so zeigt es sich, daß wir auf je ein Atom Magnesium, da es die Wertigkeit 2 besitzt, je zwei Atome Chlor, also auf 24,34 Gewichtsteile Magnesium $= 2 \times 35{,}45 =$ 70,90 Gewichtsteile Chlor brauchen.

So wie man für die einzelnen Elemente Symbole geschaffen hat, um nicht den ganzen Namen schreiben zu müssen, in ähnlicher Weise hat man auch den Verbindungen Symbole gegeben, einfach dadurch, daß man die Symbole der Elemente, aus denen die chemische Verbindung besteht, aneinanderreihte. Um beim Schreiben derartiger Symbole für die Verbindungen oder »Formeln«, wie man sie besser bezeichnet, die Zahl der Atome anzugeben, welche sie mit einem anderen Atom vereinigt, oder auch die Zahl der Atomgruppen, die mit einer anderen Atomgruppe, Atom oder einer Anzahl derselben in Reaktion treten, hat man rechts unten an das betreffende Symbol die zugehörige Zahl in Form eines Index geschrieben.

Beispiel: Zwei Atome Silber verbinden sich mit einem Atom Sauerstoff zu einem Molekül Silberoxyd, für welches nach eben Gesagtem die chemische Formel Ag_2O ist. Ebenso drückt man auch einen chemischen Prozeß durch Symbole aus, indem man vor die Formeln der an dem betreffenden chemischen Prozeß teilnehmenden Substanzen die Zahl setzt, mit welcher Anzahl von Molekülen sie an der Reaktion teilnehmen. Durch Gleichsetzung der durch Symbole und die chemischen Formeln ausgedrückten, an dem chemischen Prozeß teilnehmenden und dabei entstehenden Elemente oder Verbindungen kommt man zu den chemischen Gleichungen.

Beispiel: Wir haben früher von einem Zerlegen des Silberoxydes durch Erhitzen gesprochen; hierbei wird bekanntlich das Silberoxyd in Silber und Sauerstoff zerlegt. Die chemische Gleichung für diesen Prozeß ist:

$$\underset{\text{Silberoxyd}}{Ag_2O} = \underset{\text{Silber}}{Ag_2} + \underset{\text{Sauerstoff.}}{O}$$

Es würde zu weit führen, in die chemischen Verhältnisse näher einzugehen, wir werden immer, wo derartige chemische Reaktionen durch Formeln ausgedrückt sind, unter diese gleichzeitig die Bezeichnungen in Worten setzen.

Der elektrische Strom.

Unter den Naturerscheinungen sind diejenigen, die wir als elektrisch bezeichnen, die geheimnisvollsten und trotzdem wir heute die Wirkungen der Elektrizität vollkommen beherrschen und sie für die verschiedensten Zwecke verwenden, konnte man sich dennoch über das Wesen der Elektrizität bisher keine genauen, allen Gesichtspunkten entsprechende Erklärung geben. Die heutige Theorie der Stromleitung durch Elektronen gibt zwar mancherlei Aufschluß über das Wesen dieser geheimnisvollen Kraft, aber Verfasser muß es sich versagen, diese theoretischen Auseinandersetzungen hier einzufügen, und sei daher auf die einschlägige Spezial-Literatur verwiesen. Das Resultat der vielen Versuche und Hypothesen geistvoller Forscher und Gelehrter, die sich die Aufgabe setzten, in das Wesen der Elektrizität einzudringen, ist: die Elektrizität ist eine, der Materie naturnotwendig anhaftende Kraftleistungsfähigkeit, welche in Form von Wärme, Licht, Magnetismus usf. zutage treten kann und der Wellenbewegung des Schalles ähnlich ist. Schon den Alten war bekannt, daß ein Stück Bernstein durch Reiben mit einem Lappen die Fähigkeit erhält, kleine Papierschnitzel anzuziehen. Nach dem Namen (Elektron), den die Alten dem Bernstein gaben, blieb für diese Erscheinung die Bezeichnung »elektrisch«; die Ursache derselben schrieb man einer Kraft zu, die man Elektrizität nannte. Spätere Forscher fanden, daß es zweierlei Arten der durch Reibung erzeugten Elektrizität gibt, und zwar die, welche man durch Reiben von Harzen erhält, die Harzelektrizität genannt, und die durch Reiben von Glas und glasähnlichen Materialien, die Glaselektrizität.

Es hat sich gezeigt, daß sich zwei Körper, welche mit diesen beiden Arten von Elektrizität behaftet sind, einander anziehen, daß sich hingegen zwei Körper, welche mit nur einer dieser beiden Elektrizitätsarten versehen sind, gegenseitig abstoßen.

Man gab daher den einzelnen Arten, um sie kurz voneinander zu unterscheiden, die Bezeichnungen »positive« (+) und

»negative« (—) Elektrizität und stellte bald das Gesetz auf: Gleichartige Elektrizitäten stoßen sich ab, ungleichartige ziehen sich an.

Am Ende des 18. Jahrhunderts gelang es Alexander Volta in Pavia durch Aneinanderlegen von Kupfer- und Zinkplatten, zwischen denen ein mit verdünnter Schwefelsäure getränktes Tuch sich befand, den ersten andauernden elektrischen Strom herzustellen; schon vor Volta hatte Galvani in Bologna nachgewiesen, daß durch Kontakt verschiedener Metalle ein mehr oder minder kräftiger Strom entsteht, den er Kontaktstrom nannte. Zum Unterschied von der Elektrizität, die wir durch Reiben von Glas oder Harz erhalten, wollen wir die durch Volta und Galvani entdeckte Elektrizitätsart im nachfolgenden immer als »elektrischen Strom« bezeichnen. Obwohl sich die Reibungselektrizität von dem elektrischen Strom dem Wesen nach nicht unterscheidet, so ist für elektrochemische Zwecke der elektrische Strom bisher allein verwendbar gewesen. Da uns die Reibungselektrizität einen momentanen Ausgleich der entgegengesetzten Elektrizitäten, ein außerordentlich rasches Abfließen des erzeugten elektrischen Stromes darstellt, während der galvanische Strom nach Art der Stromquelle eine mehr oder minder konstante, anhaltende Strömung von Elektrizität bietet. Wir werden in der Folge nur mehr den elektrischen Strom in den Kreis unserer Betrachtungen ziehen, und vor allem anderen uns zu erklären suchen, wodurch und wie ein solcher elektrischer Strom zustande kommt.

Entstehung elektrischer Ströme. Ein elektrischer Strom entsteht, wenn einem elektrischen Körper Gelegenheit geboten wird, die seinem eigenen Zustand entgegengesetzte Elektrizität aufzunehmen, die ihm innewohnende Elektrizität mit der entgegengesetzten eines anderen Körpers zu verbinden. Nennen wir den Zustand eines Körpers, dem ein gewisses Maß + oder — Elektrizität innewohnt, das elektrische Potential des Körpers, so können wir auch sagen: Der elektrische Strom ist das Fließen eines Fluidums von einem Punkt mit höherem Potential (+) nach einem Punkt mit niedrigerem Potential (—), sofern durch eine geeignete Leitung das Abfließen der Elektrizitäten von einem nach dem anderen Punkt möglich gemacht wird. Berzelius hat das große Verdienst, die auf der Erde vor-

kommenden Elemente durch geeignete Versuche in der Weise geordnet zu haben, daß er mit dem Element mit niederstem Potential, mit dem elektronegativsten Element Sauerstoff beginnend eine Reihe bildete, in der das einem Element in der Richtung nach der positiven Seite nachfolgende Element jeweilig das verhältnismäßig positivere ist, während sich das ihm vorhergehende Element negativ zu ihm verhält. Den Schluß bildete das durch die Versuche ermittelte elektropositivste Element, Kalium.

Die so erhaltene Reihe nannte Berzelius die elektrische Spannungsreihe der Elemente, und diese ist nach seiner Anordnung folgende:

— O, S, N, Cl, Br, J, P, As, Cr, B, C, Sb, Si, H, Au, Pt, Hg, Ag, Cu, Bi, Sn, Pb, Ni, Fe, Zn, Mn, Al, Mg, Ca, Sr, Ba, Na, K +.

Betrachten wir die Spannungsreihe von der Seite des O aus (Sauerstoff), also von der elektronegativen Seite, so wird sich jedes Element dem nachfolgenden gegenüber elektronegativ verhalten, zum vorhergehenden elektropositiv sein

So ist zum Beispiel:

O	elektronegativ	zu	K	K	elektropositiv	zu	O
Ag	„	„	Fe	Fe	„	„	Ag
Ni	„	„	Na	Na	„	„	Ni.

Tauchen wir in eine Kupfervitriollösung ein Stück Eisen, so wird sich letzteres mit einer Kupferschichte überziehen. Die Notwendigkeit dieser Abscheidung geht aus einer allgemeinen Regel hervor, welche lautet:

Das elektropositivere Element wird bestrebt sein, das elektronegativere aus seinen Lösungen abzuscheiden. Die Ursache der Ausscheidung des Kupfers aus seiner Lösung durch metallisches Eisen ist zu suchen in der Wirkung eines durch das Eintauchen (die Berührung) des Eisens in die Kupfersulfatlösung entstandenen elektrischen Stromes.

Die Ausscheidung von Kupfer wird noch kräftiger werden, wenn wir eine Kupfer- und eine Eisenplatte in eine Kupfersulfatlösung tauchen und die beiden Platten durch eine me-

tallische Verbindung außerhalb der Lösung miteinander in Berührung bringen. Wir haben so einen elektrischen Strom erzeugt, indem wir den durch die Differenz der Potentiale von Eisen und Kupfer bedingten Ausgleich der Elektrizitäten durch eine metallische Verbindung zwischen ihnen ermöglichten. Der elektrische Strom ist zu vergleichen mit einem Wasserstrom, denn so wie das Wasser von der Höhe in die Tiefe fließt und man die Richtung des abfließenden Wassers als Flußrichtung bezeichnet, ebenso kann man beim elektrischen Strom von einer Richtung sprechen. Der elektrische Strom fließt außerhalb des Stromerzeugers vom Punkt mit höherem Potential zum Punkt mit niedrigerem Potential. Die beiden Punkte, welche die Verbindung des Stromerzeugers mit der äußeren Leitung ermöglichen, nennt man die Pole des Stromerzeugers und heißt sie + Pol und — Pol.

Der elektrische Strom durchfließt jeden elektrischen Apparat in der Richtung vom + Pol zum — Pol, und man nennt allgemein die Eintrittsstelle des elektrischen Stromes in einen Apparat den + Pol, die Austrittsstelle den — Pol.

Je weiter die zwei zur Verwendung gelangenden Elemente in der elektrischen Spannungsreihe voneinander entfernt sind, je größer also die Differenz ihrer Potentiale ist (Potentialdifferenz), desto größer wird die Wirkung des dadurch hervorgerufenen elektrischen Stromes sein.

Diese eben besprochene Theorie der Stromerzeugung durch chemische Vorgänge mit Hilfe der Potentialtheorie und der elektrochemischen Spannungsreihe wird durch eine neuere Theorie von Prof. Dr. Nernst verdrängt. Danach wird ein elektrischer Strom durch den in Lösungen bestehenden Lösungs- und osmotischen Druck bewirkt.

Bringen wir einen Körper in ein Lösungsmittel desselben, so wird dieser das Bestreben haben, sich darin aufzulösen; wir bezeichnen dieses Bestreben als Lösungsdruck. Dem Lösungsdruck wirkt der osmotische Druck entgegen. Wenden wir das eben Gesagte für die elektropositiven Metalle an, so finden wir folgendes: Tauchen wir Zink in Wasser, das wir als chemisch rein annehmen wollen, so haben wir das Bestreben des Zinkes zu verzeichnen, sich darin aufzulösen, man pflegt

zu sagen, das Zink geht in den Ionenzustand über. (Näheres hierüber siehe Kapitel über Grundbegriffe der Elektrolyse.) Wenn das eingetauchte Zink Ionen bildet, so sind diese mit + Elektrizität geladen. Da die Zinkplatte anfänglich nach außen unelektrisch war, so mußte, den frei werdenden Zinkionen entsprechend, am Zink eine gleichgroße — Elektrizitätsmenge auftreten (Fig. 1).

Fig. 1.

Zink in Wasser.

Tauchen wir nun Zink in eine Lösung von Zinksulfat($ZnSO_4$), so ist zu berücksichtigen, daß nach dem Gesetz der Dissoziation das im Wasser gelöste Zinksulfat zum größeren Teil in die Ionen Zn und SO_4 gespalten ist, von denen die Zn-Ionen mit + Elektrizität, die SO_4-Ionen mit — Elektrizität geladen sind. Es sind also schon + Zinkionen in der Lösung vorhanden und es fragt sich können noch weitere + Zinkionen von der Zinkplatte in die Lösung treten? Nun, die in der Lösung vorhandenen + Zinkionen besitzen einen bestimmten osmotischen Druck, welcher dem Lösungsdruck des Zinkes, also der weiteren Bildung von Zinkionen aus der Zinkplatte entgegenwirkt. Der Lösungsdruck des Zinkes überwiegt jedoch den osmotischen Druck der + Zinkionen, so daß, solange + Zinkionen in die Lösung getrieben werden, bis sich osmotischer Druck der freien Zinkionen und Lösungsdruck des Zinkes das Gleichgewicht halten.

Fig. 2.

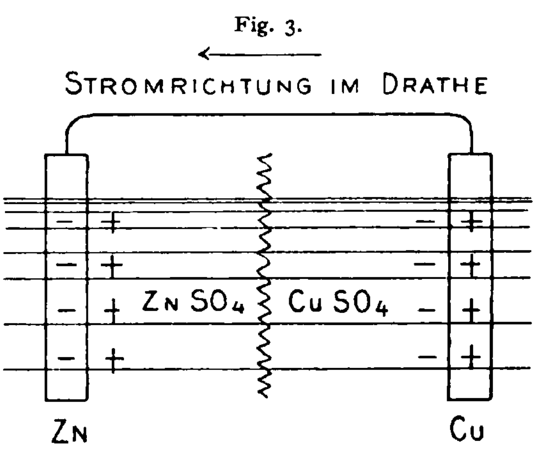
Kupfer in Kupfersulfatlösung.

Stellen wir dieselbe Betrachtung für die elektronegativeren Metalle an, so finden wir etwa für Kupfer folgendes: Durch Eintauchen von Kupfer in Wasser erzielen wir ebenfalls eine Ionisierung des Kupfers; es gehen + Kupferionen in die Lösung, während an der Kupferplatte selbst, wie im vorigen

Fall, negative Elektrizität frei wird. Tauchen wir aber Kupfer in eine Kupfersulfatlösung, so wird eine andere Erscheinung auftreten (Fig. 2), und zwar:

Die in der Kupfersulfatlösung enthaltenen + Kupferionen besitzen einen osmotischen Druck von bestimmter Größe, der dem Entstehen neuer Kupferionen entgegenwirkt. Während beim Zink der Lösungsdruck den osmotischen Druck überwand, wodurch es möglich wurde, daß weitere Zinkionen in die Lösung gelangten, überwiegt beim Kupfer der osmotische Druck den Lösungsdruck, was zur Folge hat, daß + Kupferionen aus der Lösung auf die Kupferplatte getrieben werden, wodurch die Kupferplatte +, die Flüssigkeit dementsprechend — elektrisch wird.

Fig. 3.



Prinzip des Daniell-Elementes.

Kombinieren wir nun diese beiden Erscheinungen, stellen also, wie man sich in der Elektrochemie auszudrücken pflegt, aus Kupfer, Kupfersulfat, Zinksulfat, Zink eine galvanische Kette oder Element her, das unter dem Namen Daniell-Element bekannt ist, indem wir die beiden Metallplatten in die entsprechenden Salzlösungen tauchen, die voneinander durch eine poröse Scheidewand S getrennt sind (Fig. 3), so läßt sich die Entstehung eines elektrischen Stromes nach Nernsts Theorie auf folgende Weise klarmachen:

Besteht keine metallische Verbindung zwischen Kupfer- und Zinkplatte, so stellt sich, sobald wir die beiden Platten in die zugehörigen Lösungen eintauchen, ein stationärer Zustand ein, es werden gerade so viele + Zinkionen in die Lösung gehen, als dem Überwiegen des Lösungsdruckes über den osmotischen Druck entspricht. Die Zinkplatte wird da-

durch — elektrisch, die Flüssigkeit am Zink + elektrisch. Anderseits wird durch das Überwiegen des osmotischen Druckes über den Lösungsdruck an der Kupferplatte Kupfer ausgeschieden, die + geladenen Kupferionen geben ihre + Ladung dabei ab, werden, da sie in den molekularen Zustand übergehen, unelektrisch, während die Kupferplatte, die diese Ladungen aufnimmt, + elektrisch wird. Die Kupfersulfatlösung wird dabei — elektrisch, die Zinksulfatlösung hingegen + elektrisch.

Verbinden wir nun (Fig. 3) Zink- und Kupferplatte miteinander außerhalb der Lösung, dann wird die auf der Kupferplatte angesammelte + Elektrizität durch Verbindung der beiden Platten nach dem Zink wandern und sich mit der dort vorhandenen — Elektrizität vereinigen, sie werden ihre Elektrizitäten austauschen. Sobald aber von der Zinkplatte — Elektrizität verschwindet, sinkt die Potentialdifferenz zwischen Zinkplatte und der Zinksulfatlösung, daher kann der Lösungsdruck von neuem wirken, es werden neuerdings Zinkionen in die Lösung übergehen. Ebenso wird, wenn von der Kupferplatte + Elektrizität abfließt, das Gleichgewicht zwischen Lösungsdruck und osmotischem Druck an der Kupferplatte gestört, der osmotische Druck kann wieder seine Wirkung äußern, er wird von neuem Kupferionen aus der Kupfersulfatlösung auf die Platte treiben können, wodurch diese wieder + elektrisch wird. Es kann jetzt abermals ein Strom abfließen, was solange fortgesetzt werden kann, bis entweder die Kupfersulfatlösung keine Kupferionen mehr enthält oder aber sämtliches Zink der Zinkplatte in Ionen übergeführt worden ist. Man sagt dann: das Element ist aufgebraucht, erschöpft.

Wir sehen also, daß die Ursache für das Fließen eines Stromes in einem galvanischen Element in den verschiedenen Verhältnissen des osmotischen Druckes an den beiden Platten zu suchen ist.

Ostwald definiert das galvanische Element als eine Maschine, die durch den osmotischen Druck betrieben wird.

Elektrischer Stromkreis. Von der im vorigen Kapitel besprochenen Erzeugung eines elektrischen Stromes hat man

in den galvanischen Elementen Gebrauch gemacht, deren praktische Ausführung und Wirkungsweise in dem späteren Kapitel »Die galvanischen Elemente« eingehend erörtert werden wird. An dieser Stelle sei bloß das ursprüngliche einfache Voltasche Element erwähnt, welches wir zu unseren weiteren Betrachtungen als Stromquelle benutzen wollen.

Das Voltasche Element, nach seinem Erfinder »Volta« so genannt, besteht aus zwei Metallplatten, und zwar aus einer Kupfer- und einer Zinkplatte, welche in verdünnte Schwefelsäure tauchen. Verbinden wir die beiden durch die Metallplatten dargestellten Pole des Elementes miteinander durch einen Kupferdraht, so ist dadurch dem elektrischen Strom ein Weg geschaffen, der im Element erzeugte elektrische Strom kann nun von dem + Pol an der Kupferplatte austretend, indem er durch den Draht zum — Pol, zur Zinkplatte fließt, zum Element zurückkehren. Wir erhalten somit einen andauernden Kreislauf des Stromes, sprechen daher von einem elektrischen Stromkreis. Um einen Stromkreis zu bilden, müssen wir daher die beiden Pole eines Stromerzeugers durch einen geeigneten Leiter des Stromes in Verbindung bringen.

Man unterscheidet gute und schlechte Leiter des elektrischen Stromes, je nachdem das Material, aus dem die Leitung hergestellt ist, dem Fließen des Stromes mehr oder weniger Widerstand entgegensetzt. Ist die Fähigkeit des Materiales, den Strom fortzuleiten, so gering, daß fast kein Strom mehr durch dasselbe hindurch fließen kann, so nennt man es ein Isolationsmaterial; solche schlechte Leiter oder Isolatoren sind Glas, Porzellan, Harze, Öle, Fette, die meisten Gesteine, Schwefel, Luft und tierische Substanzen, wie Haare, Wolle Federn usw.

Gute Leiter des Stromes, kurzweg als Leiter bezeichnet sind die Metalle, einige Metalloxyde und Minerale, außerdem Kohle und Flüssigkeiten.

Die festen dieser guten Leiter werden als Leiter I. Klasse bezeichnet, während Lösungen und geschmolzene chemische Verbindungen, die auch als gute Leiter des elektrischen Stromes bezeichnet werden, zum Unterschied von den oben

angegebenen festen Leitern, als flüssige Leiter oder Leiter II. Klasse benannt werden. (Elektrolyte.)

Verbinden wir die Pole des Voltaschen Elementes oder irgend einer anderen Stromquelle durch einen Leiter I. Klasse, so stellt uns dieses System einen elektrischen Stromkreis vor. Die einzelnen Teile eines Stromkreises sind folgende:

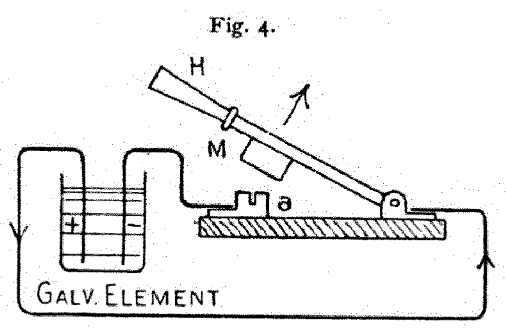
Der Leiter II. Klasse ist die zwischen den beiden Platten befindliche verdünnte Schwefelsäure, daran schließt sich, wenn wir in der Richtung des Stromes fortschreiten, die Kupferplatte, der + Pol des Elementes, sie ist ein Leiter I. Klasse. Der die Verbindung der beiden Pole bewirkende Draht ist ein Leiter I. Klasse, etwa ein Kupferdraht. Wir gelangen dann zur Zinkplatte, zum — Pol des Elementes, und damit zum Element selbst zurück. Der Strom fließt also im Kupferdraht vom + zum — Pol, im Inneren des Elementes dagegen vom — zum + Pol, was nicht zu verwechseln ist mit dem Gesetz, daß der Strom von dem elektropositiveren Zink zum elektronegativeren Kupfer fließt. Die Bezeichnung der Pole kennzeichnet also nur die Richtung des Stromes in der äußeren Verbindung der beiden Polplatten.

Man nennt einen Stromkreis geschlossen, wenn alle Teile des Stromkreises gute Leiter sind; ein Stromerzeuger, auch Stromquelle genannt, ist kurzgeschlossen, wenn die Verbindung der beiden Pole in der Weise erfolgt, daß dadurch dem Überströmen des elektrischen Stromes fast gar kein Widerstand entgegengesetzt wird. Verbinden wir etwa im Voltaschen Element die Pole durch einen langen dünnen Eisendraht, so haben wir dadurch den Stromkreis geschlossen. Verbinden wir dagegen die beiden Pole des Elementes durch eine kurze dicke Kupferstange, so haben wir das Element praktisch kurzgeschlossen. Welche Einflüsse ein derartiger Kurzschluß auf den Stromkreis ausübt, werden wir später, wenn wir die Wirkungen des elektrischen Stromes betrachten, kennen lernen.

Ein Stromkreis ist geöffnet, unterbrochen, wenn in demselben ein Isolator (Nichtleiter) eingeschaltet ist. Ein Öffnen, Unterbrechen von Stromkreisen erfolgt durch die Anbringung von Ausschaltern. Dadurch, daß wir (Fig. 4 und 5) den

Hebel H des Ausschalters in der gezeichneten Pfeilrichtung bewegen, trennen wir den messerartigen Teil M des Ausschalterhebels von dem Federkontakt a und schalten dadurch zwischen beide, also zwischen M und a eine Schicht · Luft, einen Isolator ein.

Fig. 4.

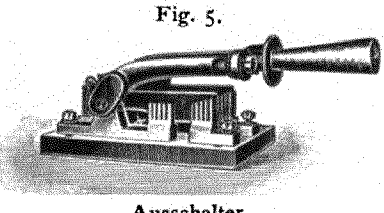


Öffnen (Unterbrechen) des Stromkreises.

Der Strom vermag nicht durch die Luft hindurch zu gehen, die Leitung ist somit unterbrochen, wir haben den Stromkreis geöffnet. Durch Einlegen des Messerkontaktes M zwischen die Federkontakte a wird eine durchwegs metallische Verbindung zwischen den beiden Polen hergestellt, wir haben durch Einlegen des Hebels den Stromkreis geschlossen.

Bei jedem Stromkreis unterscheidet man ferner einen inneren und einen äußeren Teil. Der innere Teil ist derjenige, den der Strom im Inneren der Stromquelle zu durchlaufen hat, also von einem Pol zum anderen; der äußere Teil, naturgemäß derjenige, welchen der Strom außerhalb der Stromquelle vom + bis zum —Pol zu durchfließen hat.

Fig. 5.

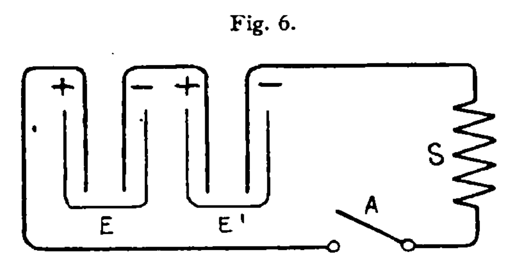


Ausschalter.

Verbinden wir zwei elektrische Apparate (es seien dies zwei Stromquellen oder zwei Leitungsstücke oder irgend zwei andere Apparate) in der Weise, daß der elektrische Strom zuerst den einen Apparat und dann den zweiten durchfließt, so nennen wir diese Verbindungsart »Hintereinanderschaltung« oder »Serienschaltung«, weil der Strom nacheinander zuerst den einen Teil und dann den zweiten u. s. f. des Stromkreises durchfließt. So sind in Figur 6 zwei galvanische Elemente E und E^1 mit einer Drahtspirale S und einem Ausschalter A hintereinander geschaltet.

Verbinden wir hingegen mehrere Apparate oder Stromquellen usw. so, daß sich der in den Stromquellen erzeugte Strom derart verteilt, daß er die verschiedenen Teile des Stromkreises gleichzeitig durchfließt, so sprechen wir von einem »Parallelschalten« der Stromquellen, Apparate u. s. f.

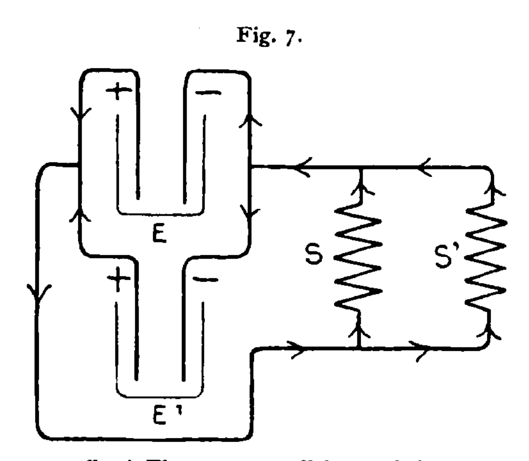
Fig. 6.



Zwei galvanische Elemente »hintereinander« geschaltet.

In Figur 7 sind auf diese Art zwei Stromquellen nach dem System der Parallelschaltung verbunden, und zwar sind zwischen die äußere Leitung zwei parallel geschaltete Drahtspiralen S und S' gelegt.

Fig. 7.



Zwei Elemente »parallel« geschaltet.

Die eingezeichneten Pfeile zeigen die Richtung des in den einzelnen Teilen fließenden Stromes an. Wir werden später sehen, welch große Bedeutung die Wahl und Ausführung dieser zwei verschiedenen Schaltungsweisen auf die elektrischen

Verhältnisse hat und wie die Art der Schaltung durch bestimmte Größen an Stromquellen und Apparaten gegeben ist.

Wirkungen des elektrischen Stromes. Wie bereits dargetan wurde, erzeugen wir im galvanischen Element den elektrischen Strom dadurch, daß wir chemische Energie auf geeignete Art umwandeln, und zwar ist Regel, daß wir aus chemischer Energie immer dann elektrische Energie erhalten, wenn wir die aufeinander reagierenden Substanzen nicht in direkte Berührung miteinander bringen. Wir haben schon über die Entstehung elektrischer Ströme gesprochen und drängt sich uns nun die Frage auf: woran erkennen wir das Vorhandensein solcher Ströme, wie äußert sich ein solcher? Die Antwort hierauf ist einfach: Wir erkennen das Vorhandensein eines elektrischen Stromes an seinen Wirkungen.

Nach dem Gesetz von der Erhaltung der Energie ist immer die für einen Prozeß aufgebrauchte Energie irgend einer Energieart ihrem Wert nach gleich der Summe der Werte der durch den Prozeß entstandenen Arten neuer, umgewandelter Energieformen. Z. B.: Wir verwandeln in der gewöhnlichen Petroleumlampe chemische Energie in Licht und Wärme. Die Summe der Werte dieser beiden Energieformen Licht und Wärme ist nach diesem Gesetz gleich der durch die Zersetzung des Brennstoffes (des Petroleums) aufgebrauchten chemischen Energie.

Ebenso sind die Wirkungen, die der elektrische Strom hervorruft, ein Maß für die aufgebrauchte elektrische Energie; allgemein gesprochen, wir konstatieren die Größe eines elektrischen Stromes durch die Größe seiner Wirkungen. Verbinden wir die beiden Pole einer Stromquelle durch einen dünnen Eisendraht, so wird, vorausgesetzt, daß die angewandte Stromquelle einen genügenden Strom liefert, eine Erwärmung des Drahtes, ja sogar ein Erglühen und Abschmelzen desselben eintreten. Der elektrische Strom erwärmt also die Leiter beim Durchfließen.

Legen wir eine vom Strom durchflossene Drahtschleife um eine Magnetnadel, siehe Figur 8, so wird diese aus ihrer Ruhelage dauernd abgelenkt. Umwinden wir einen Stab aus weichem Eisen mit einem stromdurchflossenen Draht, siehe Figur 9, so wird der Eisenstab die Eigenschaften eines Magnets

annehmen, jedoch nur so lange, als Strom durch die Drahtwicklung fließt; der elektrische Strom übt also magnetische Wirkungen aus. (Auch die später besprochenen Induktionserscheinungen gehören hierher). Verbinden wir die beiden Pole einer Stromquelle E mit den beiden Klemmen K und K_1 eines Wasserzersetzungsapparates (Eig. 10) und schicken einen elektrischen Strom durch, so werden wir, solange der Strom durch letzteren hindurchgeht, eine Zersetzung des Wassers in seine Bestandteile, H (Wasserstoff) und O (Sauerstoff), wahrnehmen.

Der Strom übt also auch chemische Wirkungen aus. Von dieser Wirkung des Stromes ist in der Elektrolyse, speziell

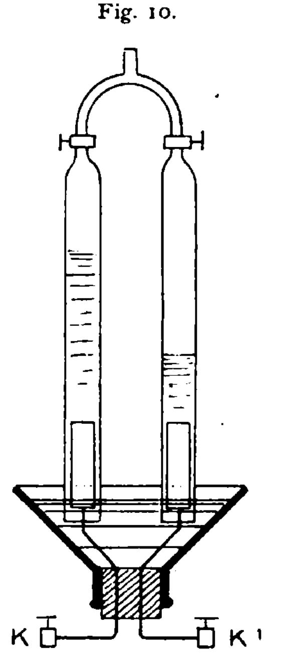
Fig. 8.

Ablenkung der Magnetnadel durch den elektrischen Strom.

Fig. 9.

Elektromagnet.

Fig. 10.



Zersetzung des Wassers durch den elektrischen Strom.

in der Elektroplattierung erfolgreich Gebrauch gemacht worden, so daß es heute einen ganzen Industriezweig gibt, der sich nur mit diesen Wirkungen des elektrischen Stromes beschäftigt. Die Anwendung der angeführten Stromwirkungen ist nachstehend übersichtlich zusammengestellt.

Wärmewirkung: Elektrische Beleuchtung, Beheizung, elektrische Schmelzöfen, Zündung u. ä.

Magnetische Wirkungen: Telegraphie, Telephonie, elektrische Meßapparate, Dynamomaschinen, Elektromotoren usf.

Chemische Wirkungen: Elektrochemie, Elektroanalyse, Elektroplattierung.

Praktische Maßeinheiten des elektrischen Stromes. Mit der fortschreitenden Verwendung des elektrischen Stromes für die industriellen und wissenschaftlichen Zwecke machte sich bald das Bedürfnis geltend, für die Größe des Stromes und das Quantum desselben, sowie für dessen Kraft Einheiten zu schaffen, womit man die, für die bestimmten Zwecke verbrauchte elektrische Energie in praktischer Weise messen und daraus die Kosten des damit Erreichten berechnen kann. Man hat zu diesem Zweck die elektrischen Größen, welche einen elektrischen Strom charakterisieren, in praktische Einheiten gebracht, welche die zu Paris in den Jahren 1881 und 1889 tagenden Kongresse als die praktischen elektrischen Maßeinheiten festsetzten. Die Größen, um die es sich hier handelt, sind die Stromstärke (die Strommenge), die Stromspannung und der elektrische Widerstand, den ein Leiter dem Strom entgegensetzt.

Auf besagtem Kongreß gab man der Einheit der Stromstärke den Namen »Amper«, und definierte als 1 Amper diejenige Stromstärke, welche imstande ist, in einer Stunde 1,184 g Kupfer aus einer Lösung von Kupfersulfat abzuscheiden.

Mit Strommenge, deren Einheit man das »Coulomb« nannte, bezeichnete man die in einer Sekunde durch einen Leiter fließende Strommenge, wenn die Stromstärke 1 Amper betrug.

Die Einheit der Stromspannung oder der elektromotorischen Kraft nannte man »Volt«, welche Einheit ungefähr der elektromotorischen Kraft eines Daniell-Elementes entspricht (1 Daniell = 1,1 Volt).

Als Einheit des elektrischen Widerstandes nahm man den Widerstand eines Quecksilberfadens von 1 qmm Querschnitt und 106,3 cm Länge, die man 1 »Ohm« nannte. Die früher im Gebrauch gewesene Siemenseinheit war der Widerstand eines Quecksilberfadens von gleichem Querschnitt und 100 cm Länge; es ist demnach 1 Ohm = 1,063 Siemenseinheiten, und man definierte nun die Einheit der Stromspannung das »Volt« als diejenige elektromotorische Kraft, welche imstande

ist, durch den Widerstand von 1 Ohm die Stromstärke 1 Amper zu treiben. Als Bezeichnung für diese praktischen Einheiten wählt man folgende:

Amper = A Volt = V Ohm = Ω.

Das Produkt V × A (Voltamper) nannte man Watt und ist die Einheit bei der Messung elektrischer Energie.

Um uns über die Bedeutung der Größen: Stromstärke, elektromotorische Kraft und elektrischer Leitungswiderstand ein Bild zu machen, wollen wir den elektrischen Strom mit einem Wasserstrom vergleichen, und die Analogie zwischen beiden ableiten. Die Stromstärke, auch Intensität des Stromes genannt, ist vergleichlich mit der in einem Flußbett fließenden Wassermenge. Je mehr Wasser durch ein Flußbett strömt, desto größer ist also der Strom; je größer die durch einen Leiter fließende elektrische Stromstärke ist, desto stärker sind die Wirkungen des elektrischen Stromes, gerade so wie ein größerer Strom durch seine Wassermenge mehr Arbeit leisten kann als ein kleinerer.

Die elektromotorische Kraft eines elektrischen Stromes ist ihrer Bedeutung nach dem Druck gleich, unter welchem das Wasser eines Flusses von einem höheren Punkt nach einem tiefer gelegenen abfließt.

Der elektrische Widerstand eines Leiters ist dem Rohrwiderstand einer Wasserleitung ähnlich; je enger das Rohr ist, desto weniger Wasser wird bei sonst gleichem Druck durch das Rohr fließen können. Ähnlich ist die Sache beim elektrischen Strom; je größer der Widerstand eines Leiters ist, desto geringer wird die Stromstärke sein, die bei gleicher elektromotorischer Kraft durch den Leiter fließen kann.

Es hat sich gezeigt, daß der elektrische Widerstand eines Körpers proportional seiner Länge wächst und im gleichen Verhältnis zu seinem Querschnitt abnimmt. Bezeichnen wir mit w den Widerstand eines Leiters, mit l dessen Länge und mit q seinen Querschnitt, so ist die Beziehung zwischen w, l und q aus der Gleichung

$$w = \frac{l}{q}$$

ersichtlich, Da man gute und schlechte Leiter unterscheidet, so war man bestrebt, bestimmte Beziehungen über die Fähigkeit einer Substanz, den Strom fortzuleiten, für die verschiedenen Leiter aufzustellen. Zur Vergleichung dieser Fähigkeit wählte man bestimmte Einheiten und nannte den Widerstand eines solchen Leiters »spezifischen Leitungswiderstand«. Als solche Einheiten wurde für die Leiter I. Klasse der Widerstand eines Metallfadens von 1 m Länge und 1 qmm Querschnitt gewählt, für die Leiter II. Klasse der Widerstand eines Flüssigkeitswürfels von 1 dm Seitenlänge.

Auf diese Weise erhielt man die in der nachfolgenden Tabelle angegebenen spezifischen Widerstände von Leitern I. Klasse; die in der dritten Kolumne angegebenen Werte für die spezifischen Leitfähigkeiten sind die reziproken Werte der spezifischen Widerstände; die spezifische Leitfähigkeit berechnet sich also immer nach der Gleichung:

$$k = \frac{1}{w_s}$$

wenn k der Ausdruck für die spezifische Leitfähigkeit ist.

Die in der Tabelle angegebenen spezifischen Widerstände und spezifischen Leitfähigkeiten ermöglichen es uns, für einen Leiter von gegebener Dimension den elektrischen Widerstand zu berechnen, sobald das Material bekannt ist, aus dem er hergestellt ist. Ist k die spezifische Leitfähigkeit des Materiales, so berechnet sich der Widerstand w einer daraus hergestellten Leitung von der Länge l m und dem Querschnitt q qmm aus der Gleichung:

$$w = \frac{l}{k \times q}$$

Beispiel: Für einen Leiter aus Blei mit 1,5 m Länge und 2 qmm Querschnitt errechnet sich der Widerstand zu:

$$w = \frac{1{,}5}{4{,}6 \times 2} = 0{,}163\ \Omega.$$

Ebenso könnten wir auch den spezifischen Widerstand zur Berechnung verwenden; selbstredend kommt dann dasselbe Resultat zustande, denn es ergibt sich auch hierfür der Widerstand:

$$w = \frac{w_s \times l}{q} \quad w = \frac{0{,}217 \times 1{,}5}{2} = 0{,}163\ \Omega.$$

Tabelle der spezifischen Widerstände und Leitfähigkeiten von Leitern I. Klasse bei Zimmertemperatur:

Metall	Spez. Widerstand in Ohm	Spez. Leitvermögen k
Silber	0,0169	59
Kupfer	0,0182	55
Blei	0,217	4,6
Antimon	0,475	2,1
Wismut	1,25	0,8
Gold	0,0243	41
Quecksilber	1,02	0,984
Platin	0,154	6,5
Messing	0,10 bis 0,071	10 bis 14
Zink	0,0667	15
Eisen	0,167 bis 0,1	6 bis 10
Stahl	0,5 bis 0,167	2 bis 6
Neusilber	0,415 bis 0,167	2,4 bis 6
Nickelin	0,435	2,3
Manganin	0,455	2,3
Konstantan	0,525	1,9
Gaskohle	50	0,02

Der Widerstand eines Leiters ist überdies abhängig von der Temperatur, und es gilt im allgemeinen der Satz: Bei Leitern I. Klasse nimmt der Widerstand (Kohle ausgenommen) mit steigender Temperatur zu, nach der Formel:

$$w_t = w_0 (1 + \alpha t),$$

worin w_t der Widerstand bei einer bestimmten Temperatur t, w_0 der Widerstand bei 0° C, α ein Koëffizient, der sogenannte Temperaturkoëffizient des Materiales ist, t die Anzahl der Grade Celsius bedeutet. Der Widerstand der Leiter II. Klasse, also der Widerstand von Flüssigkeiten (auch der von Kohle folgt demselben Gesetz) nimmt mit steigender Temperatur ab; es besteht die Beziehung:

$$w_t = w_{18} (1 - \alpha t),$$

worin die einzelnen Buchstaben wieder dieselbe Bedeutung haben wie im ersteren Fall. Der Temperaturkoëffizient α ist bei den einzelnen Elektroplattierbädern jeweilig angegeben.

1. Beispiel: Es ist der Widerstand eines Drahtes aus Neusilber zu berechnen, wenn die Größen gelten:

Spezifische Leitfähigkeit: $k = 2{,}4$,
Länge des Drahtes: $l = 4$ m,
Querschnitt des Drahtes: $q = 2$ qmm,
Temperatur des Drahtes: $t = 50°$ C,
Temperaturkoëffizient: $\alpha = 0{,}0004$.

Es errechnet sich der Widerstand des Drahtes bei 0° C zu

$$w_0 = \frac{l}{k \times q} = \frac{4}{2{,}4 \times 2} = 0{,}834\ \Omega,$$

bei 50° C aber wird der Widerstand größer sein, und zwar:

$$w_{50} = w_0\ (1 + \alpha t) = 0{,}843\ (1 + 0{,}0004 \times 50) = 0{,}8507\ \Omega.$$

2. Beispiel! Für eine Lösung von nachstehend gegebenen Dimensionen sei der Widerstand bei einer Temperatur von 21° C zu berechnen. Es sei:

Spezifischer Widerstand bei 18° C: $w_s = 2{,}75\ \Omega$,
Temperaturkoëffizient: $\alpha = 0{,}0136$,
Querschnitt der Lösung: $q = 2$ qdm,
Länge der Flüssigkeitssäule: $l = 3$ dm,
Temperatur der Lösung: $t = 21$ ° C.

Es berechnet sich nun der Widerstand dieser Flüssigkeitssäule vorerst bei 18° C

$$w_{18} = \frac{l \times w_s}{q} = \frac{3 \times 2{,}75}{2} = 4{,}125\ \Omega,$$

bei einer Temperatur von 21° C sinkt der Widerstand nach der Formel:

$$w_{21} = w_{18}\ (1 - \alpha t) = 4{,}125\ (1 - 0{,}0136 \times 3) = 3{,}96\ \Omega.$$

Von besonderer Wichtigkeit ist es nun zu wissen, wie Stromstärke, Spannung und Widerstand voneinander abhängen, in welcher Beziehung sie zueinander stehen; die elektromotorische Kraft, die den elektrischen Strom zum Fließen bringt, ist sozusagen die Triebfeder in einem Stromkreis.

Verbinden wir die Pole einer Stromquelle, von der wir, um Komplikationen auszuweichen, hier annehmen wollen, daß sie eine stets gleichbleibende Spannung liefere, durch eine Leitung mit einem Widerstand = 1 Ω, so wird die Stromquelle imstande sein, eine bestimmte Stromstärke durch die Leitung hindurchzuschicken. Vergrößern wir aber den Widerstand der Leitung auf das Doppelte, auf den Widerstand 2 Ω, so wird die Stromquelle nur die halbe Stromstärke durch diese neue Leitung schicken können; wollten wir aber dennoch die ursprüngliche Stromstärke durch den Widerstand 2 Ω fließen lassen, so müßten wir eine Stromquelle anwenden mit der doppelten elektromotorischen Kraft. Diese Abhängigkeit der Stromstärke von der elektromotorischen Kraft (wir wollen in der Folge für die elektromotorische Kraft stets die Abkürzung EMK benutzen) und dem Widerstand der Leitung ist durch das Ohmsche Gesetz in eine immer geltende Beziehung gebracht worden; das Ohmsche Gesetz lautet:

Die in einem Stromkreis fließende Stromstärke ist proportional der Summe der darin wirkenden EMK und umgekehrt proportional der Summe der den Stromkreis bildenden Widerstände.

Ist J die Stromstärke, bezeichnen wir ferner mit Σe die Summe der EMK und mit Σw die Summe der Widerstände, so lautet das Ohmsche Gesetz in seiner allgemeinsten Form:

$$J = \frac{\Sigma e}{\Sigma w}.$$

Beispiel: Verwenden wir ein Daniell-Element mit einem inneren Widerstand von 0,5 Ω und einer EMK von 1,1 V, setzt sich ferner der äußere Widerstand zusammen aus dem Widerstand des Leitungsdrahtes $w_1 = 2\ \Omega$ und dem Widerstand einer Salzlösung $w_2 = 1\ \Omega$, dann ist die im Stromkreis zirkulierende Stromstärke

$$J = \frac{e}{w_1 + w_2 + w} = \frac{1{,}1}{2 + 1 + 0{,}5} = 0{,}314\ \mathrm{A}.$$

Es wird also ein Strom von 0,314 A durch den Stromkreis fließen. Die durch einen Widerstand fließende Stromstärke erzeugt im Widerstand stets einen Abfall von Spannung,

Spannungsabfall genannt; von besonderer Wichtigkeit ist die Berechnung des Spannungsabfalles in den Stromquellen selbst, damit wir ermitteln können, mit welcher Spannung der Strom die Stromquelle verläßt, wenn eine bestimmte Stromstärke durch diese hindurchgeht. Dieser Spannungsabfall, wir wollen ihn mit e bezeichnen, berechnet sich nach dem Ohmschen Gesetz zu

$$e = J\,w_i$$

wobei w_i der innere Widerstand der Stromquelle ist.

So ist für unser letztes Beispiel, da der innere Widerstand des Elementes 0,5 Ω betrug, der Spannungsabfall im Inneren des Elementes

$$e = 0{,}314 \times 0{,}5 = 0{,}157 \text{ V}.$$

Der elektrische Strom wird daher in diesem Fall das Daniell-Element mit einer Spannung von

$$E - e = 1{,}1 - 0.157 = 0{,}943 \text{ V}$$

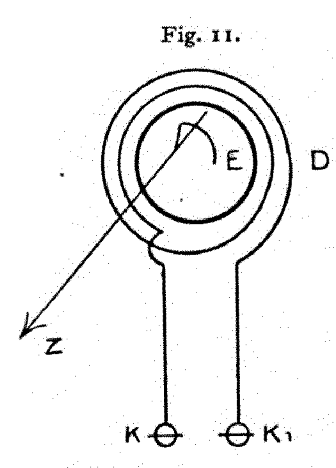
verlassen, welche Spannung man als Klemmenspannung des Elementes (der Stromquelle) bezeichnet.

Technische Meßinstrumente und deren Einschaltung.

Um sich bei Verwendung elektrischer Ströme von deren Vorhandensein überhaupt, wie von deren Beschaffenheit zu überzeugen, verwendet man besondere Meßinstrumente. Diese sind die Stromanzeiger oder Galvanoskope und die Strommeßapparate: »Voltmesser und Ampermesser«.

Das Galvanoskop besteht aus einer Magnetnadel, um die eine oder mehrere Drahtwindungen gelegt sind; leitet man durch die Drahtwindungen einen Strom, so wird die Nadel abgelenkt. Das Galvanoskop gibt nur an, ob ein Strom im Stromkreis fließt, ferner auch die Richtung des Stromes, indem einmal die Nadel nach einer Seite ausschlägt, bei Umkehr des Stromes nach der anderen Seite. Durch Übung kann man aus der Größe des Ausschlages auf die Größe der Stromstärke schließen, da ein größerer Strom eine größere Ablenkung bewirkt. Eine absolute Messung der Stromstärke ist

Fig. 11.



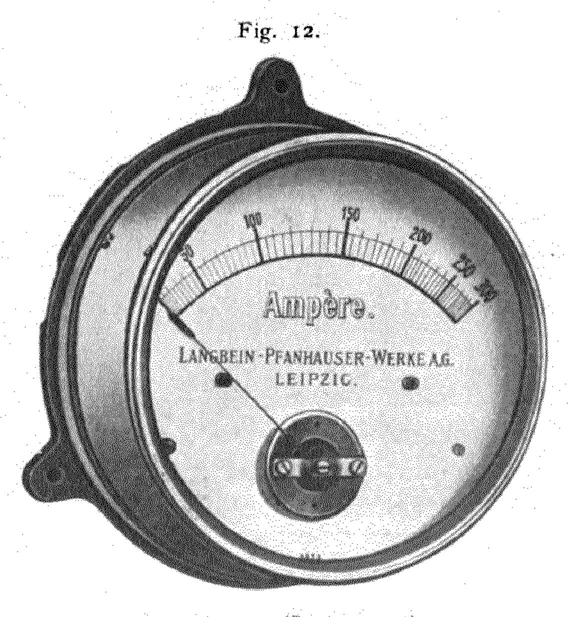
Prinzip des Ampermessers.

aber durch das Galvanoskop nicht möglich. Dazu dienen besonders konstruierte Ampermesser. Bei diesen zeigt ein über einer Skala schwingender Zeiger die wirkliche Stromstärke in Amper an. Die Funktion dieser Instrumente beruht auf den magnetischen Wirkungen des Stromes.

Fig. 11 zeigt schematisch und Fig. 12 bildlich einen Ampermesser nach dem elektromagnetischen System. Es ist eine von dem zu messenden Strom durchflossene Drahtspirale D auf eine Hülse aus Messing aufgewickelt; der durchfließende Strom wirkt auf einen innerhalb des Solenoïdes aufgehängten Eisenkörper E ein; durch die magnetisierende Wirkung der Drahtspirale (man nennt solche Drahtspiralen «Solenoïde») wird der Eisenkörper gegen die Wandung der Spule gezogen, wodurch der Zeiger eine Bewegung längs einer Skala macht und dabei diejenige Stromstärke anzeigt, welche nach vorhergegangener Eichung dieser Anziehung des Eisenkörpers entspricht.

In ähnlicher Weise sind die zum Messen der zwischen zwei Punkten eines Stromkreises herrschenden Spannungsdifferenz bestimmten Voltmesser konstruiert, siehe Figur 13. Der Unterschied in der Konstruktion eines Ampermessers und eines Voltmessers liegt in der Art des Solenoïdes; während die Spule des Ampermessers je nach der Größe der zu messen-

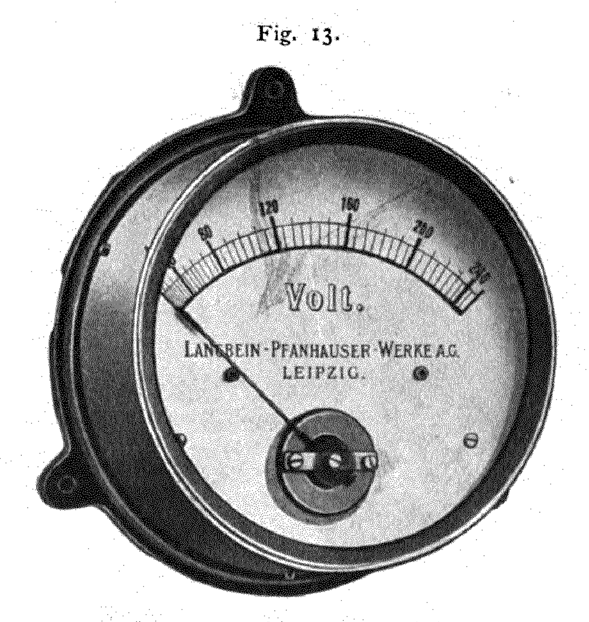
Fig. 12.



Ampermesser (Strommesser).

den Stromstärke aus mehreren starken Windungen, bei ganz großen Stromstärken sogar nur aus einer einzigen aus einem Kupferbarren hergestellten Windung besteht, besteht die Spule des Voltmessers aus vielen Windungen eines dünnen Drahtes. Die Verbindung mit der Leitung geschieht durch die beiden Klemmen K und K_1. Ein anderes Konstruktionsprinzip von Meßinstrumenten beruht auf der Wechselwirkung zwischen Magneten und stromdurchflossenen Leitern. Schickt man

Fig. 13.



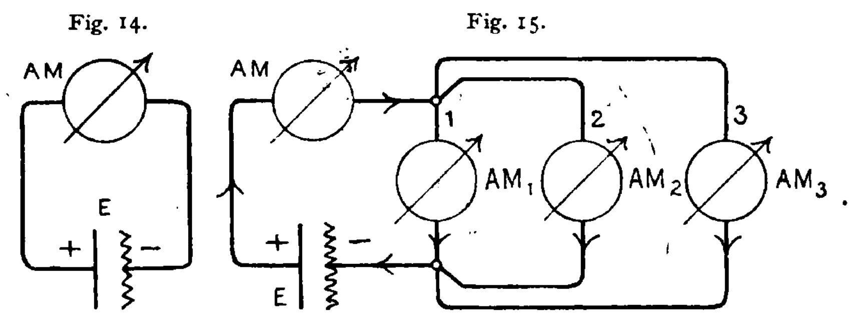
Voltmesser (Spannungsmesser).

durch einen Leiter, welcher in einem magnetischen Feld, etwa zwischen den beiden Polen eines Hufeisenmagnets aufgehängt ist, einen elektrischen Strom, so wird der Leiter abgelenkt; auf dieser Ablenkung beruhen die nach dem System Deprez-d'Arsonval konstruierten Meßapparate.

Soll mit einem Meßinstrument eine Messung vorgenommen werden, so sind die Klemmen desselben in der richtigen Weise mit dem Stromkreis zu verbinden. Die Einschaltung eines nach dem System Hummel konstruierten Ampermessers erfolgt nach folgendem Grundsatz: Ein Ampermesser, wie er uns in Figur 11 und 12 dargestellt ist, muß, damit er auch wirklich den wahren Strom anzeigt, vom ganzen Strom durch-

flossen werden; er wird daher nach dem Prinzip der Hintereinanderschaltung als Teil des Stromkreises eingeschaltet. In Figur 14 ist E die Stromquelle, AM der Ampermesser, welcher uns die in dem Stromkreis herrschende Stromstärke anzeigt. Handelt es sich darum, den gesamten in einem verzweigten Leitungsnetz fließenden Strom zu messen, seine Stärke in Amper anzugeben, so muß der Ampermesser stets vor der Verzweigungsstelle eingeschaltet werden; dort fließt noch der Gesamtstrom, während in jedem der Zweige nur ein Teil des Stromes fließt. So zeigt in Figur 15 der Ampermesser AM die gesamte Stromstärke J, die Ampermesser AM_1,

Fig. 14. Fig. 15.



Einschaltung des Ampermessers in den Stromkreis.

Einschaltung von Ampermessern in den Haupt- und in die Nebenstromkreise.

AM_2, AM_3 die in den Leitern 1, 2 und 3 fließenden Teilströme an. Die Summe der Angaben der Ampermesser AM_1, AM_2, AM_3 gleicht natürlich der Angabe des Hauptampermessers AM.

Betrug etwa die Angabe in den Ampermessern

$$AM_1 = 20\,A$$
$$AM_2 = 40\,A$$
$$AM_3 = 90\,A,$$

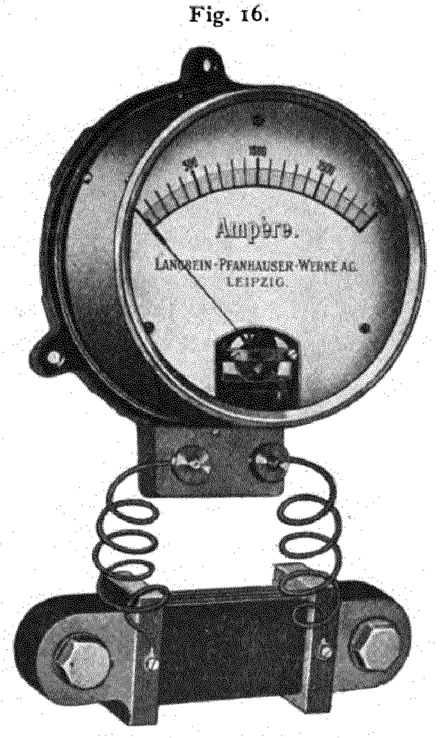
so zeigt der Hauptampermesser eine Stromstärke von $20 + 40 + 90 = 150\,A$ an.

Die sogenannten Präzisions-Meßinstrumente haben wesentliche Vorzüge gegenüber den technischen Meßinstrumenten, und bei dem tatsächlich geringen Preisunterschied, der heute noch zwischen diesen Systemen besteht, sollte man wirklich nur noch die Präzisions-Instrumente benutzen. Eine nicht zu unterschätzende Annehmlichkeit ist die «Dämpfung»,

mit der diese Instrumente versehen sind, d. h. der Zeiger stellt sich sofort ein. Ferner lieben diese Instrumente einen außerordentlich geringen Stromverbrauch, was besonders bei Goldbädern sehr wichtig ist, die oft nur Bruchteile eines Ampères aufnehmen, während ein technisches Voltmeter bei 5—6 Volt sehr leicht 0,3 Amp. zur Betätigung braucht.

Die Präzisions-Ampermesser werden mit Nebenschlüssen (Shunts) versehen, d. h. es fließt nur ein Teilstrom durch das Instrument selbst, weshalb man das Instrument selbst nur mit ganz schwachen Leitungsschnüren anzuschließen braucht, während der zu messende Hauptstrom lediglich durch den Shunt hindurchgeht (vgl. Figur 16). Diese Anschlußmethode für Ampermeter ist ganz besonders vorteilhaft für die Verlegung von Leitungen, die höhere Stromstärken aufzunehmen haben, weil man die starken Kupferstangen nicht erst zu den Meßinstrumenten zu leiten braucht, sondern lediglich den Shunt in die Leitung zu legen hat, was, wie Figur 16 lehrt, mit Leichtigkeit auszuführen ist. Ein Präzisions-Voltmeter ist in Figur 17 bildlich dargestellt. Wie aus der Abbildung ersichtlich, ist die Teilung vollkommen gleichmäßig. Dies liegt im Prinzip dieser Meßmethode.

Fig. 16.

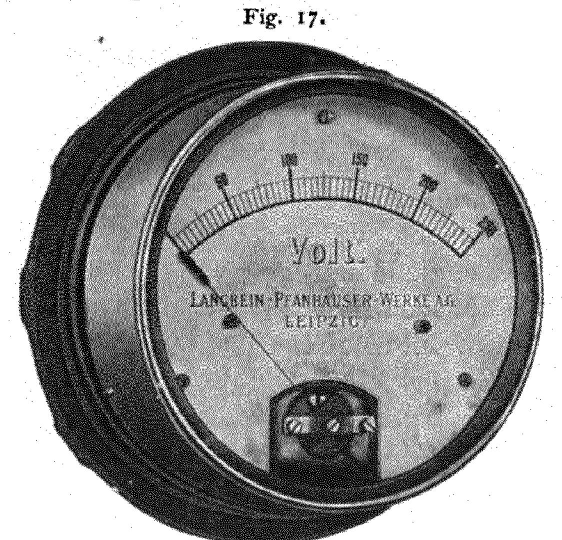


Präzisions-Amperemesser.

Für die Einschaltung, besser gesagt für den Anschluß der Voltmesser, ist das Prinzip der Parallelschaltung (Nebenschluß) maßgebend. Der Voltmesser hat, wie gesagt, die Spannungsdifferenzen zwischen zwei Punkten anzugeben, es ist daher nötig, daß wir die beiden Drähte, die zu den Klemmen des Instrumentes führen, von denjenigen Punkten

des Stromkreises abzweigen müssen, zwischen denen man die Spannungsdifferenz zu messen wünscht. Die Verbindung dieser Punkte mit dem Voltmesser kann durch ganz dünnen, etwa 1 mm Kupferdraht geschehen, da die durch den Voltmesser fließende, die magnetische Wirkung ausübende Stromstärke nur sehr klein ist, und da die Spiralen der Voltmesser stets einen großen elektrischen Widerstand besitzen im Vergleich zur Zuleitung.

Fig. 17.



Präzisions-Voltmesser.

Zum Verständnis des Prinzipes der Spannungsmessung durch die Voltmesser diene folgendes:

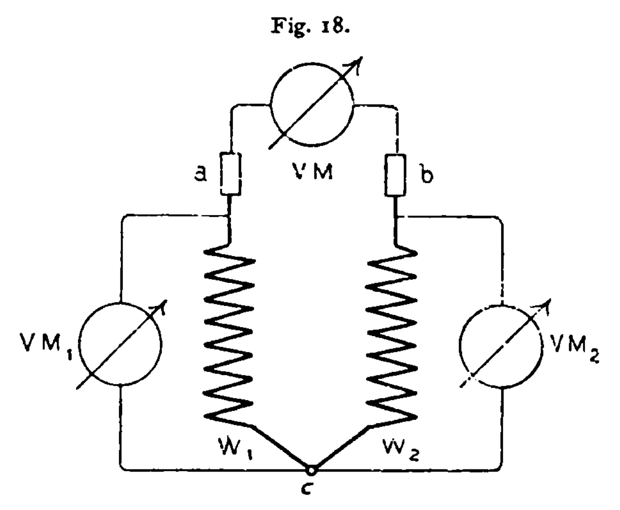
Wir nehmen an, wir hätten eine Stromquelle zur Verfügung, deren EMK durch irgend eine Vorrichtung konstant gehalten wird; a und b seien in Figur 18 die beiden Pole dieser Stromquelle; die an denselben herrschende Spannungsdifferenz (Klemmenspannung) betrage stets 4 V; verbinden wir a und b durch einen äußeren Widerstand von 2 Ω, so fließt nach dem Ohmschen Gesetze ein Strom

$$i = \frac{4}{2} = 2\,\mathrm{A}$$

durch den Stromkreis. Dieser äußere Widerstand setze sich aus zwei getrennten Teilen w_1 und w_2 zusammen, und zwar reiche der Widerstand w_1 von a bis c, w_2 von c bis b. Die

einzelnen Spannungsdifferenzen in diesem Stromkreis, also die zwischen a und c und diejenige zwischen c und b können nach früher Gesagtem durch die eingezeichneten Voltmesser VM_1 und VM_2 gemessen werden; die Summe der beiden Angaben ist der zwischen a und b herrschenden Spannungsdifferenz, die durch das Voltmesser VM gemessen wird, gleich. Beträgt etwa der Teilwiderstand $w_1 = 1{,}5\,\Omega$, $w_2 = 0{,}5\,\Omega$, so berechnen sich die an den Enden dieser

Fig. 18.



Prinzip der Spannungsmessung.

beiden Widerstände herrschenden Spannungsdifferenzen, wenn die Stromstärke im Stromkreis 2 A ist, nach dem Ohmschen Gesetz wie folgt:

$$e_1 = i \times w_1 = 2 \times 1{,}5 = 3\text{ V (Angabe von VM}_1)$$
$$e_2 = i \times w_2 = 2 \times 0{,}5 = 1\text{ V (Angabe von VM}_2)$$
$$e = i \times (w_1 + w_2) = 2 \times (1{,}5 + 0{,}5) = 4\text{ V (Angabe von VM)}$$

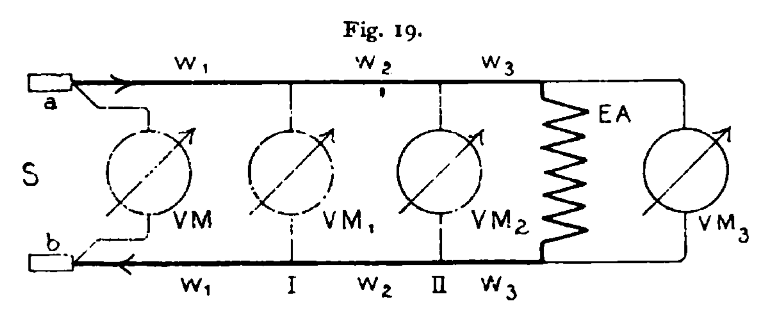
d. h. es ist e, die Klemmenspannung gleich der Summe der Spannungsdifferenzen der Teilstrecken des äußeren Widerstandes.

Die Summe der Angaben der nach besprochener Schaltung an eine Leitung angeschlossenen Voltmesser gibt uns die ganze Spannungsdifferenz zwischen den beiden Klemmen, von denen der Stromkreis abgezweigt ist, an. Der Begriff Spannungsabfall im engeren Sinn des Wortes sei durch den Vergleich mit der Abnahme des Wasserdruckes in einer

Rohrleitung erklärt. Wenn wir durch eine Rohrleitung eine Wassermenge fortleiten, um sie am Ende derselben zu irgend einem Zweck zu benützen, so wird durch den Rohrwiderstand der Druck des ausfließenden Wassers verringert werden. Ähnlich steht es mit der Spannungsänderung in einer elektrischen Leitung; leiten wir einen Strom von bestimmter Stärke durch eine Leitung von bekanntem Widerstand, so wird die Größe der den elektrischen Strom treibenden EMK von Punkt zu Punkt geringer werden, die Spannung an den verschiedenen Punkten der Leitung wird, je weiter diese von der Stromquelle entfernt liegen, abnehmen (abfallen), der Spannungsabfall gegenüber dem Anfangspunkt der Leitung wird immer größer werden.

In Figur 19 stellen uns a und b die Klemmen einer Stromquelle dar, von welcher aus die zum elektrischen Apparat EA führenden, die Stromstärke J fortleitenden Verbindungs- oder Leitungsdrähte gezogen sind. J ist die Stromstärke, die für den elektrischen Apparat EA gebraucht wird. Je weiter wir von dem Pol unserer Stromquelle gegen die Verbrauchsstelle EA selbst nur mehr eine Spannungsdifferenz e_3 erhalten, während

Fig. 19.



Bestimmung des Spannungsabfalles in einer elektrischen Leitung.

die Klemmenspannung e betrug. Sind die Widerstände eines Leitungsdrahtes von S bis I $= w_1$, von I bis II $= w_2$ von II bis EA $= w_3$, so errechnet sich der Spannungsabfall für jede Strecke der Leitung einfach nach der Gleichung:

$$\xi = J \times 2w.$$

Man hat 2 w zu nehmen, da der Strom J sowohl durch die + Leitung von a bis I, II und EA fließt, als auch zurück durch die — Leitung nach b von EA über II und I.

Die Widerstände der Abschnitte auf den Leitungen sind jeweilig einander gleich, man setzt daher mit Recht $2w_1$ für den ganzen Widerstand von S bis I u. s. f. ein.

Es beträgt sonach der Spannungsabfall von der Stromquelle

S bis I : $\xi_1 = J \times 2 w_1$

S bis II : $\xi_2 = J \times 2 (w_1 + w_2)$

S bis EA: $\xi_3 = \xi = J \times 2 (w_1 + w_2 + w_3)$

der Wert von $2 (w_1 + w_2 + w_3)$ ist aber der gesamte Leitungswiderstand. War in unserem Beispiel:

$$w_1 = 0{,}005\ \Omega$$
$$w_2 = 0{,}003\ \Omega$$
$$w_3 = 0{,}002\ \Omega,$$

so werden die einzelnen Spannungsabfälle:

$$\xi_1 = 100 \times 2 (0{,}005) = 1\ \mathrm{V}$$
$$\xi_2 = 100 \times 2 (0{,}005 + 0{,}003) = 1{,}6\ \mathrm{V}$$
$$\xi = \xi_3 = 100 \times 2 (0{,}005 + 0{,}003 + 0{,}002) = 2\ \mathrm{V}.$$

War die Klemmenspannung der Stromquelle S = 4 V, so beträgt die an den Klemmen des elektrischen Apparates herrschende Spannung 4 — 2 = 2 V. Wir werden in dem Kapitel über elektrische Leitungen noch sehen, wie die Spannungsabfälle zu berücksichtigen sind. Die Methode, wie man mit Hilfe des Voltmessers den Spannungsabfall an einer Leitung ermittelt, ist aus der Figur 19 leicht ersichtlich. Es ist die Differenz der Angaben der Voltmesser VM und VM_1, bzw. VM und VM_2 und VM und VM_3 die Größe des Spannungsabfalles von dem Anfangspunkt S der Leitung bis I, II und EA.

$$(VM - VM_1) + (VM_1 - VM_2) + (VM_2 - VM_3) = \xi.$$

Die Summe dieser Differenzen ist also gleich dem totalen Spannungsabfall zwischen S und EA. Auf diese Weise ist es dem Praktiker möglich, seine Leitung auf Spannungsabfall zu untersuchen. Er verfahre zu diesem Zweck folgendermaßen: Die Stromquelle wird durch den äußeren Stromkreis so belastet, daß die maximal von der Stromquelle zu leistende Stromstärke durch die Leitung fließt. Indem er nun einmal den Voltmesser an die Klemmen der Stromquelle und dann an das Ende der Leitung anlegt, konstatiert er die Differenz, den totalen Spannungsabfall, den die maximale Stromstärke beim Durchfließen der ganzen Leitung hervorruft.

Stromverteilung.

Wie man in einer Wasserleitung das zufließende Wasser durch eine geeignete Verzweigung der Leitungsrohre auf verschiedene Konsumstellen verteilen kann, ebenso kann man den elektrischen Strom teilen, indem man zwei oder mehrere Drähte von einer Leitung abzweigt. Die Leitung bis zu dem so entstehenden Knotenpunkt heißt Hauptleitung, die einzelnen Abzweigungen Zweigleitungen.

Der elektrische Strom verteilt sich nach Maßgabe des Leitvermögens der einzelnen Zweigleitungen in denselben: die Summe der durch die Zweigleitungen fließenden Teilströme ist dem Wert nach gleich dem unverzweigten Hauptstrom. Die Richtigkeit dieses Satzes kann durch die in die einzelnen Haupt- und Zweigleitungen eingeschalteten Ampermesser bewiesen werden; siehe Figur 15.

Der Strom durchfließt die einzelnen Zweigleitungen, wie bereits gesagt wurde, nach Maßgabe ihres Leitvermögens, und da die Größe des Leitvermögens der reziproke Wert des Leitungswiderstandes ist, kann man auch sagen, die Stromstärke in einer verzweigten Leitung verteilt sich auf die einzelnen Zweigleitungen im umgekehrten Verhältnis zu deren Widerständen.

Es verteilt sich in Figur 20 die Hauptleitung + und — bei A und B (Knotenpunkte) in drei Teile, in die Zweigleitungen I, II und III; sind die einzelnen Widerstände in den Leitungen w_1, w_2 und w_3 die entsprechenden Stromstärken i_1, i_2 und i_3, so besteht die Beziehung:

$$i_1 : i_2 : i_3 = \frac{1}{w_1} : \frac{1}{w_2} : \frac{1}{w_3}$$

oder wenn man für $\frac{1}{w_1}, \frac{1}{w_2}, \frac{1}{w_3}$ die Leitfähigkeiten k_1, k_2, k_3 setzt

$$i_1 : i_2 : i_3 = k_1 : k_2 : k_3.$$

Der in der Hauptleitung fließende Strom J hat sich in die Teilströme i_1, i_2, i_3 geteilt, welche in der gezeichneten Pfeilrichtung die Zweigleitungen durchströmen.

Die Summe der von einem Knotenpunkt abfließenden Ströme ist gleich der Summe der ihm zufließenden Ströme

(Kirchhoff'sches Gesetz). Geben wir den abfließenden Strömen das Vorzeichen —, den zufließenden Strömen das Vorzeichen +, dann können wir in unserem Beispiel schreiben:

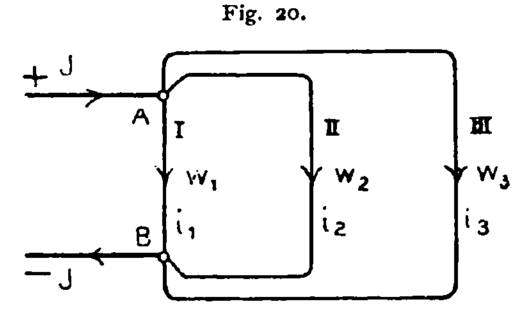
$$+J - i_1 - i_2 - i_3 = O$$

oder anders geschrieben:

$$+J = + (i_1 + i_2 + i_3),$$

d. h. die algebraische Summe der in einem Knotenpunkt zusammentreffenden Ströme ist null, es fließt ebenso viel ab als zu.

Fig. 20.



Bestimmung der Stromstärke in einer verzweigten Leitung.

Beispiel: In Figur 21 ist S eine Stromquelle von konstanter Spannung, der wir eine Stromstärke J = 90 A entnehmen. Diesen Gesamtstrom leiten wir bis zu den Knotenpunkten A und B, von wo aus sich die Hauptleitung in zwei Zweigleitungen I und II verteilt. Die Widerstände der einzelnen Zweigleitungen seien: $w_1 = 4\,\Omega$

$$w_2 = 2\,\Omega,$$

der Hauptstrom J verteilt sich daher nach der Proportion:

$$i_1 : i_2 = \frac{1}{w_1} : \frac{1}{w_2},$$

Wir berechnen daraus:

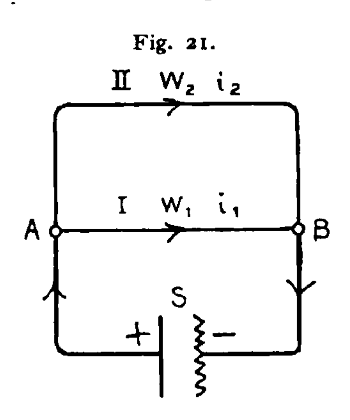
$$\frac{1}{w_1} = \frac{1}{4} = 0{,}25,$$

$$\frac{1}{w_2} = \frac{1}{2} = 0{,}5.$$

Es verhält sich also:

$$i_1 : i_2 = 0{,}25 : 0{,}5.$$

Fig. 21.



Mithin verhält sich der Zweigstrom i_2 zum Gesamtstrom J wie die Leitfähigkeit des Leiters II zur Leitfähigkeit der ganzen Leitung, das ist die Summe der Leitfähigkeiten der beiden Zweigleitungen:

$$i_2 : J = \frac{1}{w_2} : \left(\frac{1}{w_1} + \frac{1}{w_2}\right)$$

daraus ist:

$$i_2 = \frac{J \times \frac{1}{w_2}}{\frac{1}{w_1} + \frac{1}{w_2}}$$

Setzen wir die unserem Beispiel zugrunde gelegten Werte ein, so erhalten wir:

$$i_2 = \frac{90 \times 0{,}5}{0{,}5 + 0{,}25} = 60\,A$$

und analog:

$$i_1 = \frac{90 \times 0{,}25}{0{,}5 + 0{,}25} = 30\,A.$$

Es ist $J = i_1 + i_2$; 90 A = 60 A + 30 A, d. h. wir sehen gleichzeitig den Satz bestätigt, daß die Summe der zufließenden Ströme gleich der Summe der abfließenden Ströme ist.

Elektrische Leitungen.

Die Fortleitung eines Stromes von einer Stromquelle bis zu derjenigen Stelle, an welcher elektrische Energie verbraucht wird, wird durch die elektrischen Leitungen bewerkstelligt. Die elektrischen Leitungen werden zumeist aus Kupfer hergestellt, in neuester Zeit auch aus Aluminium, seltener aus Messing oder Siliciumbronze. Man unterscheidet blanke und isolierte Leitungen, und zwar besteht der Unterschied zwischen beiden, wie schon die Bezeichnung sagt, darin, daß letztere mit einem Isolationsmaterial umgeben sind. Man wendet isolierte Leitungen überall dort an, wo Gefahr vorhanden ist, das zwischen dem + und dem — Leiter eine Verbindung (Kurzschluß) entstehen könnte, oder wo Gefahr vorhanden ist, daß Feuchtigkeit oder saure Dämpfe das Leitungsmaterial schädlich beeinflußen würden. Für gewöhnlich kommt aber

nur der erstere Umstand in Betracht; man isoliert die Leitungen nur, um Kurzschluß zwischen denselben zu vermeiden. Die elektrischen Leitungen werden in Form von Drähten, Stangen oder Schienen angefertigt; die für elektrotechnische Starkstromanlagen geeignetste und gebräuchlichste Form ist, wie nachfolgende Prinzipien uns lehren, die Schienenform. Verbindungsstücke oder Leitungen, welche biegsam sein sollen, werden aus Kupferkabeln hergestellt; die Kabel bestehen aus einer Anzahl von Drähten, welche zu einem Seil zusammengedreht werden, entweder blank oder mit einer Isolation umgeben, als isolierte Kabel in Verwendung kommen. Die elektrische Leitungsanlage ist einer der wesentlichsten und wichtigsten Teile einer Elektroplattieranstalt. Von ihrer richtigen und fachgemäßen Dimensionierung und Form hängt zum großen Teil der technische und finanzielle Erfolg ab und müssen daher elektrische Leitungen nach bestimmten Gesichtspunkten ausgeführt werden. Im allgemeinen gelten die drei Punkte:

a) Sicherheit der Leitungsanlage gegen Feuersgefahr,
b) technische Brauchbarkeit der Leitungsanlage,
c) Dimensionierung der Leitung vom wirtschaftlichen Standpunkt aus.

Diese drei Punkte sind gleich wichtig, was zur Genüge erkennen läßt, daß die Montierung und Herstellung der elektrischen Leitungsanlage dem Fachmann zu überlassen ist. Selbstmontierte Leitungen, die nach eigenem Ermessen dimensioniert sind, werden meist nur dem ersten Punkt, der Feuersicherheit entsprechen, die Punkte b) und c) werden aber zumeist unberücksichtigt oder doch zum mindesten mangelhaft in Rechnung gezogen worden sein. Was die Sicherheit einer Leitungsanlage betrifft, so besteht sie darin, daß die Leitung so hergestellt und dimensioniert sein muß, daß der fortzuleitende Strom das Leitungsmaterial nicht so stark erwärmen kann, daß dadurch benachbarte, feuergefährliche Gegenstände in Brand geraten können oder gar die Leitung selbst zum Abschmelzen käme. Zwecks größerer Sicherheit sind auch fachgemäß ausgeführte Leitungen durch Bleischmelzsicherungen zu sichern, die durch Abschmelzen eines Bleistreifens eine Unterbrechung der

Leitung herbeiführen, wenn die Stromstärke größer geworden sein sollte, als es die Feuersicherheit einer Anlage erlaubt. So wie die Leitungen werden, speziell in der Elektroplattierung, auch die Stromquellen durch Bleisicherungen geschützt. Die Stelle, wo zwei Leitungsstücke aneinander geklemmt, also angestückt werden, nennt man Verbindungsstelle oder Kontakt. Auf guten Kontakt ist besonders zu achten, da durch jede unsaubere oder zu kleine Kontaktfläche ein neuer Widerstand in der Stromleitung entsteht (Übergangswiderstand oder Kontaktwiderstand), wodurch ebenfalls eine Erwärmung der Kontaktflächen herbeigeführt wird. Es ist Grundsatz, daß jeder Kontakt durch eine Auflagefläche von 1,5 bis 2 qmm pro fortzuleitendes Amper gesichert wird; man verlötet schwächere Drähte miteinander, stärkere Leitungen aus Kupferschienen hingegen verbindet man durch geeignete Schienenstücke, indem man die kleineren Unebenheiten und Zwischenräume zwischen den den Kontakt bildenden Schienenstücken durch Metallfolien ausfüllt und die Schienenstücke über einander fest verschraubt. Ebenso hat die Verbindung von Leitungen und Schalt-, Meß- und Regulierapparaten stets durch feste Verschraubung oder gute Verlötung zu geschehen und soll die Kontaktfläche rund doppelt so groß sein als der Querschnitt der Leitung. Es darf sich die Kontaktstelle nicht stärker erwärmen als die übrige Leitung, so daß keine Lockerung in der Verbindung zweier Leitungsstücke möglich wird. Man löte nie mit Lötwasser, sondern nur mit Kolophonium oder einem ähnlichen Harz. Die Sicherheit der Leitungsanlage erfordert ferner eine gute isolierende Befestigung der Leitung an den Wänden oder Leitungsträgern und die Anbringung von Befestigungsklemmen, so daß eine gefahrbringende Durchbiegung der Leitung, wodurch eventuell ein Kurzschluß entstehen könnte, ausgeschlossen ist. Es sind mit Rücksicht auf diese Punkte, speziell auf Kontakte die elektrischen Leitungen einer Elektroplattieranlage jährlich einmal auf Spannungsabfall zu untersuchen und ist Mißständen, wie Lockerung von Verbindungsstücken, schlechten Kontakten u. s. f. abzuhelfen.

Die technische Brauchbarkeit einer Leitungsanlage ist bedingt durch die Größe des elektrischen Widerstandes der

Leitung und den dadurch entstehenden Spannungsverlust in Volt, wenn ein Strom von bestimmter Stärke fortgeleitet werden soll. Wir brauchen in der Elektroplattierung an den Verbrauchsstellen nur äußerst selten Spannungen über 4 Volt; liefert uns die Stromquelle eine bestimmte Spannung, so muß die Leitung so bemessen sein, daß durch die, durch Leitung und Kontaktbildung entstehenden Spannungsverluste die Verringerung der Klemmenspannung nicht so groß wird, daß die übrigbleibende Spannung dem Zweck nicht mehr genügt.

Beispiel: Haben wir an einer Dynamomaschine 4 Volt Spannung, beträgt ferner der totale Spannungsverlust in der Leitung 1,5 Volt und brauchen wir an den Elektroplattierbädern eine Spannung von 3 Volt, so ist die Leitung technisch unrichtig dimensioniert, weil die übrigbleibende Spannung, das ist $4 - 1{,}5 = 2{,}5$ kleiner als der notwendige Wert geworden ist.

Der Spannungsverlust, der in einer Leitung vom Widerstande w auftritt, wenn eine Stromstärke i durch dieselbe fließt, ist nach dem Ohmschen Gesetz durch den Ausdruck gegeben

$$\xi = i \times w \text{ Volt,}$$

wobei ξ der Spannungsverlust in Volt ist. Da sich der Widerstand w eines Leiters aus der Formel

$$w = \frac{l}{k \times q}$$

berechnen läßt, wenn wir l in m Länge der Leitung, q in qmm Querschnitt derselben ausdrücken und das Leitvermögen k für Kupfer bei gewöhnlicher Temperatur mit 55 annehmen, so wird der Spannungsverlust in Volt gefunden, wenn wir die angeführten Dimensionen der Leitung und die fortgeleitete Stromstärke im Amper einführen. Es ist dann

$$\xi = \frac{i \times l}{k \times q} \text{ Volt.}$$

Dieser Wert ist, wenn wir die einfache Entfernung der Stromquelle von der Verbrauchsstelle messen, noch mit 2 zu multiplizieren, um den gesamten, durch Hin- und Rückleitung verursachten Spannungsverlust zu erhalten.

Beispiel: Wir haben in einer Elektroplattieranlage eine Maschine im Betrieb, deren Klemmenspannung 4 Volt betrage.

Wir versorgen mit dem Strom dieser Maschine ein Elektroplattierbad, welches eine Stromstärke von 100 Amper benötigt. Dieses Bad ist 11 m von der Maschine entfernt und mit ihr durch eine Leitung verbunden, deren Querschnitt q = 100 qmm beträgt. Es errechnet sich aus diesen Angaben der Spannungsverlust mit

$$\xi = \frac{100 \times 11}{55 \times 100} = 0{,}2 \text{ V.}$$

Somit tritt ein Gesamtspannungsverlust von $2 \times 0{,}2 = 0{,}4$ V ein. Es gehen also durch Stromleitung 0,4 V verloren und bleibt demnach für das Elektroplattierbad am Ende der Leitung nur noch mehr eine Spannung von $4 - 0{,}4 = 3{,}6$ V.

Die elektrischen Leitungen für unsere Zwecke werden in der Regel so berechnet und dimensioniert, daß der Spannungsverlust in derselben 10% der Maschinenspannung nicht überschreitet.

Auf die verschiedenen Formen der anwendbaren elektrischen Leitungen und deren Berechnungsmethoden näher einzugehen, erachtet Verfasser für überflüssig. Dies ist Sache der installierenden Firma, welche den Umständen gemäß die geeignetste Form und Dimensionierung der Leitung vorzuschreiben hat.

Hand in Hand mit der technischen Brauchbarkeit einer elektrischen Leitungsanlage geht deren Bemessung vom wirtschaftlichen Standpunkt aus. Durch Stromleitung geht stets elektrische Energie verloren, und zwar berechnet sich dieser Verlust aus der Differenz der an der Stromquelle erzeugten und an den Verbrauchsstellen nützlich abgegebenen Energie. Die Erzeugung von elektrischer Energie durch mechanische Kraft sowohl, wie aus chemischer Energie in den galvanischen Elementen ist mit mehr oder minder großem Kostenaufwand verbunden, je nach der Kraftquelle, die zum Betrieb verwendet wird. Es wird daher die Größe des Energieverlustes durch Stromleitung ein sehr wichtiger Faktor sein, mit dem ganz besonders gerechnet werden muß, da er gerade bei größeren Betrieben mit Dynamomaschinen die finanzielle Ausbeute einer Anlage bedeutend beeinflußen würde.

Der Verlust an elektrischer Energie (man verwechsle nicht Spannungsabfall mit Energieverlust) stellt sich dar als

das Produkt aus der durch die Leitung fließenden Stromstärke und der Größe des Spannungsverlustes, welcher dadurch auftritt. Wir drücken den Energieverlust in Watt aus, können sonach den stündlichen Verlust in Wattstunden angeben. Ist uns bekannt, was uns die Pferdekraftstunde (PSSt) des Betriebes kostet, so sind wir leicht imstand, die jährlichen Verluste durch Stromleitung zu berechnen, beziehungsweise die Leitung zu berechnen, wenn von einem nicht zu überschreitenden jährlichen Energieverlust durch Stromleitung ausgegangen wird.

Ist ξ_1 = Gesamtspannungsverlust in Volt,
i = mittlere Betriebsstromstärke in Amper,
t = Zeit des Betriebes in Stunden,
dann ist W^h = Wattverlust pro Stunde:

$$W^h = \xi_1 \times i \times t \text{ Watt.}$$

Nehmen wir das Jahr mit 300 Arbeitstagen, den Arbeitstag mit 10 Arbeitsstunden an, ist ferner γ der Wirkungsgrad der Stromquelle, dann wird der jährliche Wattverlust w_j in PSSt ausgedrückt den Betrag erreichen:

$$w_j = \frac{\xi_1 \times i \times 300 \times 10 \times \gamma}{736} \text{ PSSt.}$$

Beispiel: Wir hätten in einer Elektroplattieranstalt eine Stromquelle mit einer Klemmenspannung von 4 V zur Verfügung, die uns durch eine Dynamomaschine dargestellt sei. Durch die Leitung entstehe ein Gesamtspannungsverlust ξ_1 = 0,4 V, es bleiben also 3,6 V für den Betrieb der Anlage übrig. Ist die mittlere Betriebsstromstärke 1000 A und ist der Wirkungsgrad der Maschine γ = 0,78, ferner die Entfernung der Stromquelle von den Bädern einfach gemessen 16,5 m, dann muß der Querschnitt nach früher Gesagtem

$$q = \frac{1000 \times 16,5}{55 \times 0,2} = 1500 \text{ qmm}$$

sein. Wir rechneten dabei 0,2 V Spannungsabfall, weil nur die einfache Entfernung der Stromquelle von den Bädern in Rechnung gezogen wurde. Es beträgt für unser Beispiel der jährliche Energieverlust in PSSt

$$w_j = \frac{0,4 \times 1000 \times 3000 \times 0,78}{736} = 1270 \text{ PSSt.}$$

Kostet die Pferdekraftstunde für den Betrieb der Kraftmaschine etwa 20 Heller (17 Pfennig), dann betragen die Kosten für diesen Energieverlust pro Jahr 254 Kronen (216 Mk.). Nun soll nachfolgend gezeigt werden, welchen Einfluß eine zu schwach dimensionierte Leitung auf die Stromleitungsverluste ausübt. Es betrage wieder die Stromstärke 1000 A, der Betrieb erfordere abermals 3,6 V Spannung und auch der Wirkungsgrad der Maschine sei 0,78.

Nun aber sei die Leitung derartig dimensioniert, daß sie bloß einen Querschnitt von 800 qmm besitze, dann beträgt der Spannungsverlust bei gleichbleibender Entfernung (16,5 m)

$$\xi = \frac{1000 \times 16{,}5}{55 \times 800} = 0{,}376 \text{ V}.$$

Also für die ganze Stromleitung das Doppelte, das sind 0,752 V. Wir müssen dann auch schon eine größere Maschine haben, da wir die Annahme machten, daß wir auch hier wieder 3,6 V an den Bädern benötigen, und zwar muß die Spannung der Maschine bei der mittleren Betriebsstromstärke von 1000 A

$$3{,}6 + 0{,}752 = 4{,}35 \text{ V}$$

sein. Der jährliche Energieverlust in PSSt beträgt nun in diesem Fall, da $\xi_1 = 0{,}752$ geworden ist

$$w_j = \frac{0{,}752 \times 1000 \times 3000 \times 0{,}78}{736} = 2400 \text{ PSSt},$$

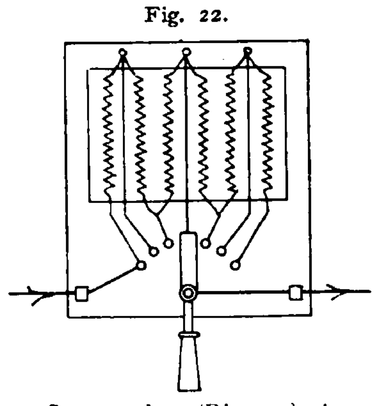
und die Kosten für diesen Verlust betragen 480 Kronen, also fast das Doppelte. Man nennt das Verhältnis $\frac{i}{q}$, das ist die auf 1 qmm der Leitung entfallende Stromstärke, die Stromdichte pro qmm; es ist Regel, daß man keine größere Stromdichte als 1 A pro qmm für blanke Leitungen anwendet. Kabel können stärker belastet werden.

Wird eine bestehende Anlage vergrößert, indem weitere Bäder aufgestellt werden und daher zumeist auch wieder neue Stromquellen erforderlich sind, so muß stets durch einen Elektrotechniker die alte Leitung auf ihre weitere Verwendbarkeit untersucht, zumeist aber der Vergrößerung der ganzen Anlage entsprechend umgestaltet werden; andernfalls treten die oben besprochenen Energieverluste auf, was einem unrationellen Arbeiten gleichkommt.

Regulieren des Stromes.

Nicht immer, ja sogar nur sehr selten, wird ein elektrischer Strom, wie ihn eine Stromquelle liefert, für den Zweck geeignet erscheinen, für den man ihn verwenden will. Speziell in der Elektroplattierung kommt es sehr darauf an, die Spannung des Stromes regulieren zu können oder dauernd auf einer bestimmten Höhe zu erhalten. Um dies leicht und schnell bewerkstelligen zu können, bedient man sich der Drahtwiderstände, auch Rheostate oder Stromregulatoren genannt. Die Rheostate ermöglichen es, durch eine einfache Drehung des Hebels einen beliebigen Spannungsabfall hervorzurufen, so daß der Strom diejenigen Größen besitzt, die für den gewünschten Zweck am geeignetsten sind. Ein Stromregulator hat also, allgemein gesprochen, den Zweck, die Stromspannung in einem Sromkreis zu regulieren. Das Konstruktionsprinzip eines Stromregulators wird leicht verständlich werden, wenn wir uns der Bedingungen erinnern, unter denen ein Strom von bestimmter Stromstärke einen mehr oder minder großen Spannungsabfall in einer Leitung verursacht. Haben wir eine Drahtspirale, welche dem Durchfließen des Stromes den Widerstand 1 entgegensetzt, hat also eine bestimmte Stromstärke beim Durchfließen dieser Spirale den Spannungsabfall 1 erzeugt, so wird, wenn wir zwei solcher Spiralen hintereinanderschalten, der Widerstand doppelt so groß geworden sein, nämlich 2; der Spannungsabfall hat sich also ebenfalls verdoppelt. Auf diesem Prinzip der Änderung des Spannungsabfalles durch Drahtwiderstände beruht die Konstruktion der Stromregulatoren.

Fig. 22.



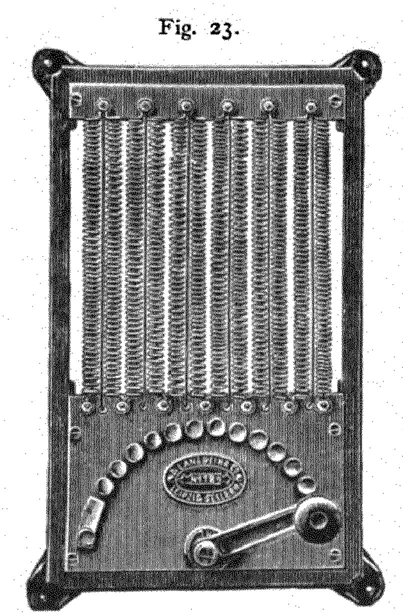
Stromregulator (Rheostat) mit »hintereinander« geschalteten Drahtspiralen.

Auf einem Rahmen aus Eisen sind isoliert Drahtspiralen befestigt, welche, wie Figur 22 und 23 zeigen, auf der einen Seite in Kontaktknöpfe endigen, beziehungsweise durch Kupfer-

drähte mit diesen in Verbindung stehen. Ein Kontakthebel schleift über diese Knöpfe und schaltet, immer von links nach rechts nach und nach neue Drahtspiralen ein, wodurch ein immer größerer Abfall der Spannung erzielt wird.

Da eine größere Stromstärke einen größeren Abfall an Spannung in einer solchen Drahtspirale hervorruft wie eine kleine, so ist es klar, daß man für größere Stromstärken weniger Spiralen einschalten wird, um einen gewünschten Spannungsabfall zu erzielen als bei kleinen Stromstärken. Wir erreichen bei der eben besprochenen Konstruktion eine Änderung des Spannungsabfalles durch Veränderung der Anzahl der Widerstandsspiralen. Für große Stromstärken ist diese Art der Konstruktion unpraktisch, weil man zu große Drahtquerschnitte und damit auch sehr umfangreiche Rheostate erhielte. Man wendet für diesen Zweck die Parallelschaltung der einzelnen Spiralen an. Es wird damit die Widerstandsänderung und damit die Änderung des Spannungsabfalles durch Variation des Gesamtleitungsquerschnittes im Rheostat erzielt. Durch die sukzessive Einschaltung der Spiralen wird der Leitungsquerschnitt stetig vergrößert, damit sinkt aber auch der Widerstand und bei gleichbleibender Stromstärke der Spannungsabfall. Während wir in Figur 22 und 23 einen größeren Spannungsabfall dadurch erzielten, daß wir mehr Drahtspiralen hintereinander einschalteten, wird bei den in Figur 24 und 25 gezeichneten Rheostaten durch Parallelschaltung mehrerer Spiralen der Spannungsabfall vermindert, indem wir den Kontakthebel nach und nach mit den Spiralen verbinden.

Fig. 23.

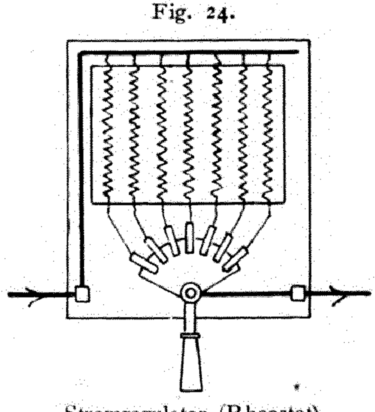


Stromregulator (Rheostat) mit »hintereinander« geschalteten Drahtspiralen.

Die elektrische Energie, die durch die Rheostate vernichtet wird, äußert sich in einer Erwärmung der Spiralen, die aus

diesem Grunde so dimensioniert sein müssen, daß die Erwärmung der Drähte eine bestimmte Temperatur nicht überschreitet. Für gewöhnlich nimmt man als äußerste Grenze der Erwärmung 120° C an. Auf jedem Stromregulator muß die Stromstärke angegeben sein, welche maximal durch die Drahtspiralen geschickt werden darf. Größere Stromstärken können die Drahtspiralen zum Abschmelzen bringen, wodurch selbstredend der Regulator unbrauchbar wird.

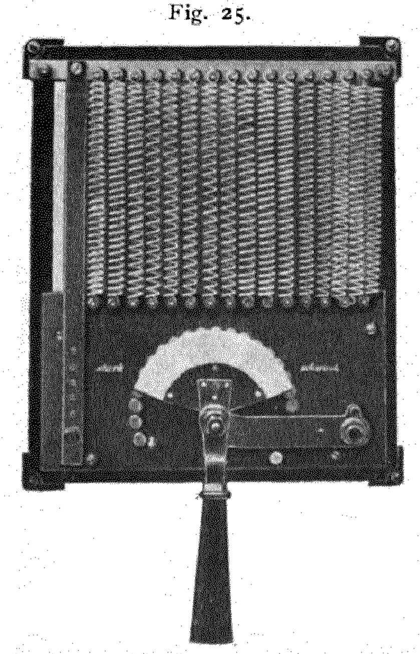
Fig. 24.



Stromregulator (Rheostat) mit »parallel« geschalteten Drahtspiralen.

Die Rheostate können in zweifacher Weise in einen Stromkreis eingeschaltet werden, je nach der Aufgabe, die sie zu erfüllen haben. Man schaltet sie entweder nach dem Schema der Serien- oder Hintereinanderschaltung (Fig. 26) oder nach dem Schema der Parallelschaltung (Fig. 27) ein.

Fig. 25.



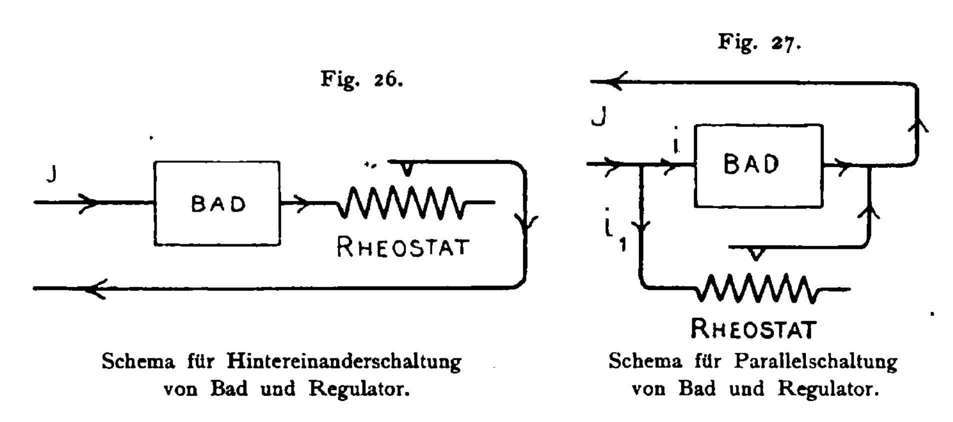
Stromregulator (Rheostat) mit »parallel« geschalteten Drahtspiralen.

Im ersten Falle (Fig. 26) hat der Rheostat die Aufgabe, die Spannung zu vermindern oder an der Verbrauchsstelle eine bestimmte Höhe der Spannung konstant zu erhalten, indem er der Verbrauchsstelle vorgeschaltet ist; es geht die gleiche Stromstärke durch den Rheostat wie durch die Verbrauchsstelle selbst. Im zweiten Falle (Fig. 27) obliegt ihm nach dem Gesetz der Stromverteilung nach Maßgabe der Größe seines Widerstandes die Anteilnahme an der Stromleitung, es wird eine bestimmte, dem Widerstand des Rheostaten entsprechende

Stromstärke i_1 durch denselben fließen, während der andere Teil des Gesamtstromes J, das ist der Zweigstrom i, durch die Verbrauchsstelle selbst fließt (siehe Kapitel Stromverteilung). Es ist selbstverständlich

$$i + i_1 = J.$$

Man achte stets darauf, daß die Kontaktstellen der Stromregulatoren metallisch blank bleiben, damit nicht Übergangs-



Schema für Hintereinanderschaltung von Bad und Regulator.

Schema für Parallelschaltung von Bad und Regulator.

widerstände entstehen. Aus dem Vorhergehenden ist ersichtlich, daß für jeden bestimmten Zweck ein bestimmter Stromregulator gebraucht wird, dessen Berechnung jeweilig nach der ihm zufallenden Aufgabe zu erfolgen hat.

Stromquellen.

Ein elektrischer Strom kann auf die verschiedenste Art und Weise erzeugt werden, einfach dadurch, daß wir irgend eine Energieform in elektrische Energie überführen. Die auf der Erde vorkommenden Erscheinungen werden fünf Energieleistungen zugeschrieben; diese sind:

mechanische Energie,
chemische Energie,
Wärme-Energie,
strahlende Energie,
elektrische Energie.

Jede einzelne dieser Energieformen läßt sich auf geeignete Weise in eine jede der anderen Energieform umwandeln.

Theoretisch geht nichts an Energie verloren, die bei Umwandlungen entstehenden neuen Energieformen sind in der Summe ihrer Werte dem Wert der angewandten Energieform gleich, was in dem Satz von der Erhaltung der Energie bereits früher an einem Beispiel erörtert worden ist.

Verwandeln wir chemische Energie in elektrische, so wird von letzterer stets eine bestimmte Menge erzeugt, während nebenbei auch andere Energieformen meist in nicht unbeträchtlicher Menge auftreten. Ebenso ist es der Fall von mechanischer in elektrische Energie. Von der Größe der nützlich erzeugten elektrischen Energie aus einer der anderen Energieformen hängt die praktische Verwendbarkeit eines solchen Umwandlungsprozesses ab; man spricht von einem Wirkungsgrad, beziehungsweise Nutzeffekt und versteht darunter das Verhältnis der erzeugten elektrischen Energie zur Menge der aufgewandten Energie einer beliebigen anderen Energieform, die durch den Prozeß umgewandelt wird.

Wir wissen aus Versuchen und Berechnungen, daß 736 Watt, das sind 736 Voltamper elektrischer Energie, theoretisch gleich einer mechanischen Pferdekraft (PS) sind. Haben wir beispielsweise fünf mechanische PS aufgebraucht, um vier elektrische PS nützlich zu erhalten, so ist der Wirkungsgrad dieser Umwandlung

$$\gamma = \frac{4}{5} = 0{,}8$$

der Nutzeffekt 80% vom Gesamteffekt. Die älteste Methode, elektrische Energie zu erzeugen, bestand in der Umwandlung der chemischen Energie in elektrische. Den Apparat, in dem diese Umwandlung vollzogen wird, nennt man ein galvanisches Element oder eine elektrische Kette. Eine Anzahl solcher, in bestimmter Art und Weise miteinander verbundener, galvanischer Elemente nennt man eine Batterie. Da man wußte, wie gering der auf diese Weise erzielte elektrische Nutzeffekt ist, war man bestrebt, eine andere, rationellere Methode zur Erzeugung elektrischer Ströme ausfindig zu machen.

Im Jahre 1822 machte Seebeck, ein deutscher Physiker, die Entdeckung, daß ein konstanter elektrischer Strom dann entsteht, wenn man die Lötzellen zweier verschiedener Me-

talle erhitzt; die dadurch erzeugte EMK ist angenähert der Temperaturzunahme proportional. Den Apparat, der uns diese Stromerzeugung möglich macht, nennt man eine Thermokette oder Thermoelement; verbindet man mehrere solcher Thermoelemente hintereinander, so entsteht die Thermosäule. Die so erzeugte Strommenge ist für größere Betriebe noch nicht praktisch verwendbar, da die auf diese Weise erzeugte elektrische Energie noch zu kostspielig ist, die Thermosäulen außerdem durch die große Wärme, die ihnen zugeführt werden muß, bald reparaturbedürftig werden. Für kleinere Arbeiten, wie Versuchsanstalten, Laboratorien u. ä., sind die Thermosäulen jedoch immerhin empfehlenswert, da sie rasch betriebsfähig sind, indem das Aufdrehen eines Gashahnes genügt, um die Thermosäulen in Funktion zu setzen.

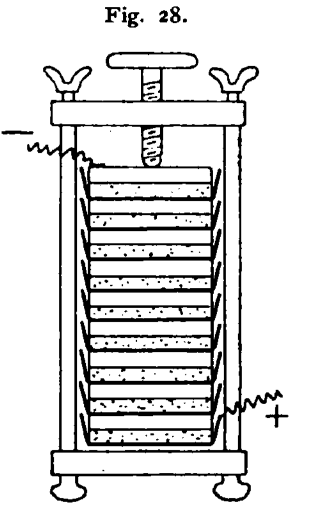
Die wichtigste und jetzt allgemein gebräuchliche Erzeugung elektrischer Ströme beruht auf der Umwandlung mechanischer Energie in elektrische. Die Umwandlung wird durch Dynamomaschinen bewirkt, wodurch wir Ströme von beliebiger Stärke und Spannung erzeugen können. Die Erklärung der Wirkungsweise und die Konstruktionsprinzipien der Dynamomaschinen sind im Kapitel „Die Dynamomaschinen" ausführlich angegeben.

Galvanische Elemente. Die erste Vorrichtung, elektrische Ströme aus den Einwirkungen chemischer Substanzen aufeinander zu erzielen, wurde durch Volta im Jahre 1800 erfunden. Er tauchte in ein Glasgefäß, das mit verdünnter Schwefelsäure gefüllt war, je eine Kupfer- und eine Zinkplatte und nannte diese Anordnung „Becherelemente", welche Anordnung ihm für kurze Zeit einen ziemlich kräftigen elektrischen Strom lieferte. Er vergrößerte die Wirkung dadurch, daß er mehrere solcher Elemente derartig miteinander verband, daß er die Kupferplatte des einen Elementes mit der Zinkplatte des nächsten und so fort in Kontakt brachte.

Auf diese Weise wird die Wirkung der einzelnen Elemente summiert; die beiden übrigbleibenden Platten, nämlich einerseits die äußerste Kupferplatte, anderseits die äußerste Zinkplatte nannte er Pole, ähnlich wie die beiden Enden eines Magneten, wo bekanntlich die Wirkung am stärksten ist.

Bekannter als das Voltasche Becherelement ist die nach seinem Erfinder benannte Voltasche Säule. Diese in Fig. 28 abgebildete Stromquelle kann man sich dadurch herstellen, daß man auf eine Holzgrundplatte säulenförmig die Bestandteile des früher erwähnten Voltaschen Elementes aufbaut; zu unterst liegt eine mit einem angelöteten Kupferdraht versehene Kupferplatte, welche einen tassenförmig umgebogenen Rand besitzt und den + Pol der Säule bildet. Zwischen diese Kupferplatte und der im Voltaschen Element angewandten Zinkplatte kommt ein in verdünnte Schwefelsäure getränktes Stück Tuch. So hätten wir das erste Element unserer Säule aufgebaut; man setzt nun wiederholt solche Elemente übereinander, so daß schließlich die oberste Zinkplatte den — Pol der Säule darstellt. Drei Glasstangen geben den einzelnen Metallplatten festen Halt, während durch geeignete Verschraubung von oben die Platten aufeinander gepreßt werden. Dieses, sowie andere Elemente, welche bald darauf von anderen Forschern zusammengestellt wurden, hatten den großen Nachteil, daß sie sich sehr bald erschöpften, das heißt, sie gaben nach kurzem Gebrauch fast keinen oder nur mehr sehr schwachen Strom. Man war daher bemüht, diese »inkonstanten« Elemente zu verbessern und versuchte »konstante« Elemente zu konstruieren, von denen man verlangte, daß sie durch längere Zeit einen gleichbleibend starken Strom abgeben sollten.

Fig. 28.



Voltasche Säule.

Ein galvanisches Element ist als konstant zu betrachten, wenn der durch die Funktion des Elementes am + Pol auftretende Wasserstoff durch geeignete Mittel weggeschaft wird. Um den schädlichen Einfluß des Wasserstoffes, der die rasche Abnahme der Wirkung des Elementes verursacht, zu verstehen, wollen wir einmal die Vorgänge im Voltaschen Becherelement, welches als inkonstant zu bezeichnen ist, untersuchen. Figur 29

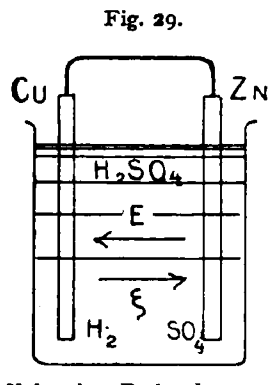
stellt uns ein solches dar. Wie der elektrische Strom darin entsteht, wissen wir bereits; er fließt durch den äußeren Stromkreis vom Kupfer zum Zink, im Inneren des Elementes vom elektropositiveren Zink nach dem elektronegativeren Kupfer. In diesem ganzen Stromkreis ist das Element die treibende Maschine, welche den elektrischen Strom ähnlich wie eine Pumpe das Wasser durch den ganzen Stromkreis treibt. Wie uns ein späteres Kapitel zeigen wird, das die chemischen Wirkungen des elektrischen Stromes behandelt, zersetzt der elektrische Strom beim Durchgang durch Lösungen diese in ihre Bestandteile, so hier im Voltaschen Becherelement die Schwefelsäure in ihre Bestandteile H_2 (Wasserstoff) und SO_4 (Schwefelsäurerest), und zwar entsteht H_2 an der Kupferplatte, SO_4 an der Zinkplatte. Nachfolgendes Schema zeigt diese Zersetzung:

Stromrichtung

Cu	← H_2	SO_4 →	Zn
Kupfer	Wasserstoff	Schwefelsäurerest	Zink

SO_4 aber wirkt auf das Zink ein unter Bildung von schwefelsaurem Zink (Zinkvitriol) und an der Kupferplatte entweicht der Wasserstoff in Gasform. Welche Wirkung der so entstehende gasförmige H_2 ausübt, sei in einer Versuchsbeobachtung dargestellt. Verbinden wir die Pole des Voltaschen Becherelementes mit einem Voltmesser, so wird uns letzterer, vorausgesetzt daß seine Windungen einen großen Widerstand besitzen, eine bestimmte Spannung, etwa 0,8 V anzeigen, welche Spannung lange Zeit hindurch konstant bleibt. Verbinden wir hingegen die beiden Pole des Elementes durch einen kleineren Widerstand, so werden wir an dem noch in derselben Weise angeschlossenen Voltmesser eine viel kleinere Spannung und ein rasches Fallen dieser Spannung wahrnehmen, gleichzeitig eine starke Gasentwicklung an den Polen des Elementes beobachten. Die Erklärung dieser Tatsache gibt uns die elektrische Spannungsreihe; Zink ist elektro-

Fig. 29.



Voltasches Becherelement.

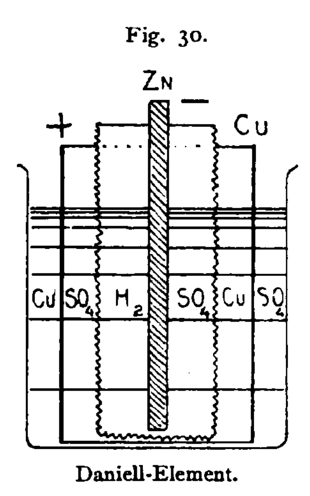
positiv zu Kupfer, daher fließt, wie Figur 29 zeigt, ein Strom der EMK E vom Zink zum Kupfer; der an der Kupferplatte auftretende H_2 aber ist elektropositiv zu dem an der Zinkplatte sich bildenden SO_4, dadurch entsteht ein Strom der elektromotorischen Kraft ξ, welche der E entgegenwirkt; dieser letztere Strom heißt Polarisationsstrom, die Erscheinung selbst Polarisation. Es fließt daher durch den Stromkreis nur mehr der der Differenz der EMK E und ξ entsprechende Strom. Es ist für die Konstruktion eines konstanten Elementes Bedingung, das Auftreten des Polarisationsstromes tunlichst zu verhindern, was man dadurch erreicht, daß man den an dem + Pol auftretenden H_2 in seinem Entstehungszustand wegschafft, ihn in zweckdienlicher Weise unschädlich macht. In den konstanten Elementen geschieht dies durch sogenannte Depolarisatoren, das sind zumeist Flüssigkeiten, welche chemisch den H_2 binden, oder man schafft den H_2 auch durch physikalische Mittel weg wie schwammförmiges Platin oder Kohle. Wie die einzelnen Forscher diese Aufgabe lösten, werden wir bei den verschiedenen Elementen, die stets nach ihrem Erfinder benannt werden, sehen. Von den unzähligen, mehr oder minder guten Konstruktionen seien das Smee-, Daniell- und Bunsen-Element erwähnt. Die ganze Reihe der anderen Konstruktionen der galvanischen Elemente in einem Buch über Elektroplattierung anzuführen, hält Verfasser für nicht angezeigt, da sie für den Elektroplattierer von keinerlei Interesse sind. Übrigens sind diese in jedem Lehrbuch der Physik zu finden.

Das Daniell-Element. Das erste brauchbare und bis in die Jetztzeit verwendete konstante Element wurde im Jahre 1838 von Daniell konstruiert. Daniell machte den an der + Platte auftretenden H_2 dadurch unschädlich, daß er die + Platte in eine Lösung von Kupfervitriol tauchte, aus der der H_2 bei seiner Entstehung das darin enthaltene Kupfer nach nachstehender Gleichung ausfällt:

$$\underset{\text{Kupfersulfat}}{CuSO_4} + \underset{\text{Wasserstoff}}{H_2} = \underset{\text{Schwefelsäure}}{H_2SO_4} + \underset{\text{Kupfer}}{Cu}$$

Das Kupfer schlägt sich an der als + Platte verwendeten Kupferplatte nieder, somit ist die Polarisation verhindert, die

Fig. 30.



Daniell-Element.

Kupfervitriollösung ist also die Depolarisationsflüssigkeit. Daniell umgab das Zink, das er als — Pol benützte, mit verdünnter Schwefelsäure und mußte daher die beiden Flüssigkeiten räumlich voneinander trennen, jedoch derart, daß die Stromzirkulation nicht verhindert wird. Zu diesem Zweck verwendete Daniell eine poröse Tonzelle, in welche, wie Figur 30 zeigt, das Zink mit der dasselbe umgebenden Schwefelsäure gebracht wird, während in dem Raum zwischen dem äußeren Glasgefäß und der Tonzelle ein zylinderförmig gebogenes Kupferblech, das in eine Lösung von Kupfervitriol taucht, untergebracht ist. Der chemische Vorgang, der sich bei der Betätigung des Elementes in demselben abspielt, ist aus folgendem Schema ersichtlich:

Cu + | $Cu \mid SO_4$ (Kupfersulfat) | $H_2 \mid SO_4$ (Schwefelsäure) | Zn −

$$CuSO_4 + H_2 = Cu + H_2SO_4 \qquad Zn + SO_4 = ZnSO_4$$

Kupfersulfat Wasserstoff Kupfer Schwefelsäure Zink Schwefelsäurerest Zinksulfat

Der an der Kupferplatte entstehende Wasserstoff geht mit der Kupfervitriollösung die oben erwähnte Umsetzung ein, während der Schwefelsäurerest gegen das Zink wandert und dort Zinkvitriol bildet. Diese chemischen Reaktionen entsprechen einer elektromotorischen Kraft von 1,1 V, welche als die EMK des Daniell-Elementes bezeichnet wird. Lassen wir dieses Element länger im Betrieb, so wird sich, wie aus den chemischen Gleichungen ersichtlich ist, durch die Stromwirkung des Elementes nach und nach die Zinkplatte auflösen, die Kupferplatte hingegen wird stetig durch das ausgeschiedene Kupfer stärker werden, wodurch die Kupfervitriollösung an Kupfer verarmt. Ist die Verarmung der Kupfervitriollösung einmal so weit vorgeschritten, daß der an der + Platte entstehende H_2 nur mehr sehr wenig Kupfersulfatmoleküle an der + Platte vorfindet, so wird ein Teil davon gasförmig ent-

weichen, man sagt dann, das Element wird inkonstant, da der Depolarisator nur mehr ungenügende Wirkung ausübt. Man kann in diesem Fall den ursprünglichen Zustand leicht wieder dadurch herbeiführen, daß man die Kupfervitriollösung mit festem Kupfervitriol nachsättigt, die Lösung aus der Tonzelle entfernt und durch neue Schwefelsäure ersetzt.

Das Smee-Element. Der von Daniell eingeschlagene Weg wurde bald auch von anderen Forschern betreten; eine Neuerung auf dem Gebiet der konstanten Elemente brachte Smee im Jahre 1840, indem er den H_2 an der + Polplatte durch schwammförmiges Platin, das als Platinmoor bekannt ist, entfernte. Eine mit diesem Platinmoor überzogene Platin- oder der Ersparnis wegen auch Silberplatte hat die Fähigkeit, den Wasserstoff abzustoßen, wodurch eine Art Depolarisation hervorgerufen wird. Das Element besteht ähnlich wie das Becherelement von Volta aus einer in verdünnte Schwefelsäure tauchenden Zinkplatte als — Pol und der platinierten Silberplatte, die den + Pol des Elementes bildet. Wegen der geringen depolarisierenden Wirkung des Platinmoores ist es angezeigt, dem Smee-Element nur schwache Ströme zu entnehmen, wobei dann dieses als konstantes Element anzusehen ist und recht gute Dienste leistet. Wegen der durch andere fast höheren Anschaffungskosten aber ist das Smee-Element ganz verdrängt worden, so daß es nur noch vereinzelt und dann nur für kleinen Strombedarf Anwendung findet.

Das Bunsen-Element. Das gebräuchlichste und am meisten verbreitete ist das wegen seiner großen Leistungsfähigkeit und Konstanz beliebte Bunsen-Element (Fig. 31 u. 32), nach seinem Erfinder, dem Chemiker Bunsen, so genannt. Bunsen verwendete an Stelle des Platins eine eigens präparierte poröse Kohle (Gaskohle), welche ähnlich wie das Platin den Wasserstoff von ihrer Oberfläche wegschafft. Außer dieser an und für sich schon ziemlich depolarisierenden Wirkung verwendete aber Bunsen noch eine separate Depolarisationsflüssigkeit, mit der er die + Platte, die Kohle umgab und so ein äußerst kräftiges Element schuf. Zur Depolarisation verwendete Bunsen die Salpetersäure, welche durch den H_2

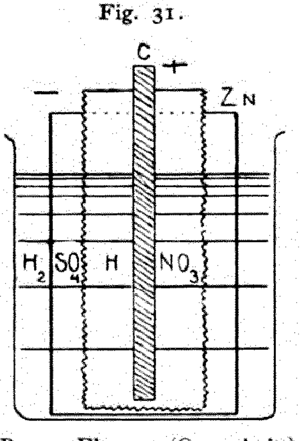
größtenteils in Stickstoffoxyd umgesetzt, der Wasserstoff dabei zu Wasser oxydiert wird; der sich hierbei abspielende chemische Vorgang ist folgender:

$$\underset{\text{Wasserstoff}}{3\,H_2} + \underset{\text{Salpetersäure}}{2\,HNO_3} = \underset{\text{Stickstoffoxyd}}{2\,NO} + \underset{\text{Wasser}}{4\,H_2O}$$

Das Stickstoffoxyd verbindet sich mit dem Sauerstoff der Luft zu Stickstoffperoxyd, welches sich als braune, stechende Dämpfe unangenehm bemerkbar macht.

Das Zink in Form eines Zylinders ist der — Pol und taucht in verdünnte Schwefelsäure; die Kohle in Prismaform bildet den + Pol und ist mit der Depolarisationsflüssigkeit,

Fig. 31.



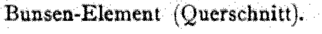
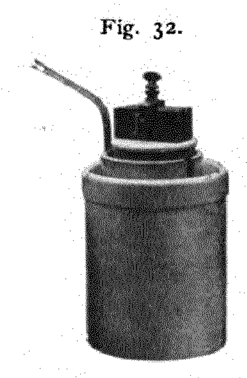

Bunsen-Element (Querschnitt).

Fig. 32.



Bunsen-Element (Außenansicht).

der Salpetersäure umgeben. Es tritt somit wieder die Notwendigkeit zutage, durch eine poröse Zelle (Diaphragma) die Mischung der beiden Flüssigkeiten zu verhindern, wodurch wieder zwei voneinander getrennte Räume entstehen.

Das Auflösen des Zinkes im stromlosen Zustand sowie die Mehrauflösung des Zinkes bei Stromwirkung, als der theoretischen Menge entspricht (Lokalaktion), hat man zu verhindern gewußt, indem man die Zinkelektroden mit Quecksilber amalgamiert, d. h. sie mit einer dünnen Quecksilberschicht überzieht und außerdem noch der Erregerflüssigkeit für das Zink, der verdünnten Schwefelsäure, eine Quecksilberpräparatlösung zusetzt, wodurch stets Quecksilber auf der

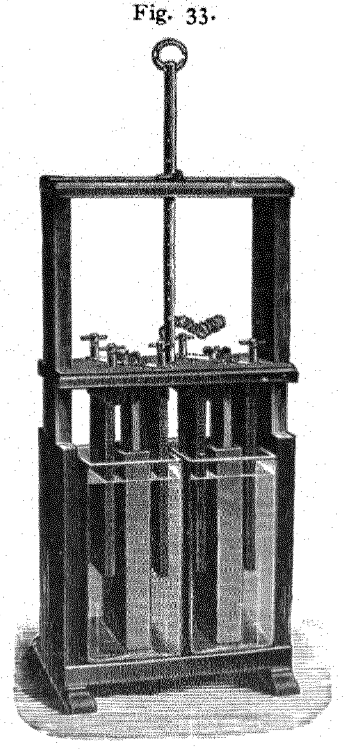
Zinkelektrode ausgeschieden und so diese vor unnötiger Abnützung geschont wird.

Das Bunsen-Element liefert eine EMK von 1,8 bis 1,9 V und ist, wie schon gesagt, das für unsere Industrie bestgeeignete galvanische Element.

Es ist nicht zu leugnen, daß die braunen stechenden Stickstoffperoxyddämpfe, welche die Bunsen-Elemente entwickeln, schädlich sind sowohl für den Menschen, als auch für Maschinen und alle Metallgegenstände. Diesem Übelstand begegnet man aber dadurch, daß man diese Elemente in einem abgeschlossenen Raum unter einem gut ziehenden Kamin unterbringt, so daß die Dämpfe in das Freie abgeleitet werden und nicht belästigen können.

Ist man mangels eines geeigneten Raumes für Unterbringung der Bunsen-Elemente gezwungen, die Batterie im Arbeitsraum oder in einem Wohnraum aufzustellen, so bedient man sich mit Vorteil der Bunsen-Tauchbatterie.

Fig. 33.



Bunsen-Tauchbatterie

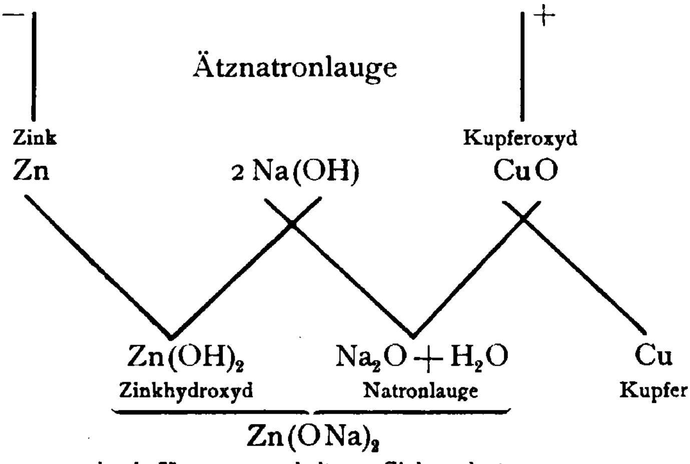
Die Bunsen-Tauchbatterie (Figur 33) besteht aus einer Anzahl von Elementen nach dem Bunsenschen Prinzip aus Kohle und Zink, aber beide in Plattenform; die Zinkelektrode als — Pol taucht in eine mit verdünnter Schwefelsäure gefüllte poröse Zelle; diese steht zwischen zwei Kohlenplatten, die den + Pol bilden und mit Chromsäure als Depolarisationsflüssigkeit umgeben sind. Durch eine passend angebrachte Hebevorrichtung, sei es durch ein Schraubengewinde oder einen geeigneten Schnurzug, ist man imstande, sämtliche Platten auf einmal aus der Flüssigkeit zu heben oder sie mehr oder minder tief einzutauchen, je nachdem es die Umstände erfordern.

Dadurch, daß sämtliche Elemente auf einer gemeinsamen Holzplatte

montiert, auf deren oberer Fläche die Bedürfnissen Polklemmen angebracht sind, ist sowohl eine leichte, den entsprechende Schaltung der Elemente (über die uns die nachfolgenden Kapitel Aufschluß geben werden) leicht ausführbar, als auch ein Ansetzen von Metallsalzen oder Zerstören der Klemmen, wie es bei anderen Elementen störend auftritt, vermieden; gleichzeitig können wir durch geringeres oder tieferes Einsenken der Elemente in die Erregerflüssigkeiten den inneren Widerstand der Batterie beliebig variieren; Bunsens Tauchbatterie gestattet uns also, die Stromverhältnisse den Anforderungen entsprechend zu regulieren, wie es mit anderen Elementen nicht so leicht ausführbar ist.

Auch die Stromleistung der Bunsen-Tauchbatterie ist nicht minder als jene der mit Salpetersäure gefüllten Bunsen-Elemente gleicher Größe, nur die Wirkungsdauer und Konstanz ist bei diesen anhaltender als bei jenen, was aber durch Verstärken oder öfteres Erneuern der Erregerflüssigkeiten ausgeglichen werden kann.

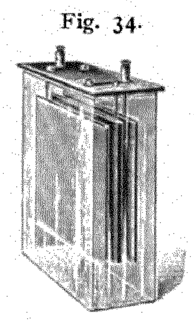
Kupron-Element. Das ursprünglich von Lallande erfundene Kupferoxyd-Element wurde von Umbreit und Matthes verbessert und besteht aus den positiven Kupferoxyd-Platten und den negativen Zinkplatten. Als Füllung wird 20%-ige Ätznatronlauge verwendet. Der elektrochemische Vorgang bei der Stromentwicklung läßt sich durch folgendes Schema erklären:



In Figur 34 ist ein solches Kupronelement zur Abbildung gebracht und kann man, schon aus dieser erkennen, daß diese Elemente sehr kompendiös sind.

Durch die Tätigkeit des Elementes bei der Stromentwicklung werden also einerseits die Zinkelektroden gelöst, anderseits die Kupferoxydplatten reduziert. Es wird hierbei eine elektromotorische Kraft von 0,8 Volt entwickelt, und da die Elemente kein Diahpragma besitzen, und die planparallelen Platten ähnlich wie die Akkumulatorenplatten eng aneinanderstehen und nur durch eine sehr gut leitende Elektrolytschicht getrennt sind, kann man, ohne die Klemmenspannung der Elemente besonders herabzudrücken, recht bedeutende Ströme aus relativ kleinen Elementen auf längere Zeit herausholen. Hat sich das Element erschöpft, dann wird die Lösung durch frische Ätznatronlösung ersetzt und die reduzierten Kupferoxydplatten sind neu zu oxydieren. Alles Nähere ist aus nachstehender Betriebsvorschrift ersichtlich.

Fig. 34.



Kupronelement.

Diese Elemente werden in 4 Größen I—IV in den Handel gebracht und wie folgt behandelt:

a) Füllung 1. Die Cupron-Elemente erhalten zur Füllung folgende Mengen Atznatron: $\frac{\text{Nr. I} \quad \text{II} \quad \text{III} \quad \text{IV}}{0{,}2 \quad 0{,}4 \quad 0{,}8 \quad 1{,}6 \text{ Kilo}}$. Das Atznatron muß außerdem 1% unterschwefligsaures Natron enthalten, um die Zinkplatten vor ungleichmäßiger Abnutzung zu schützen und das Absetzen harter Krusten auf dem Boden der Glasgefäße zu verhindern.

2. Die Auflösung des Ätznatrons kann sowohl in einem größeren Gefäße für mehrere Elemente gemeinsam als auch in jedem Elementglas direkt erfolgen.

Beim Auflösen des Ätznatrons in den Glasgefäßen müssen die letzteren vorher $^3/_4$ mit Wasser gefüllt sein und die Lösung beständig mit einem Holz- oder Glasstabe gerührt werden, bis sämtliches Natron gelöst ist. Dann hebt man die Elementssysteme in die Lösung und gießt evtl. bei jedem Elemente so viel Wasser nach, daß die Lösung 3 bis 5 mm über allen Platten steht.

Beim Auflösen des Ätznatrons in einem größeren Gefäße für mehrere Elemente gleichzeitig nimmt man pro Element

N. I	II	III	IV
$^3/_4$	$1^1/_2$	$3^1/_2$	6 Liter Wasser

und verteilt die erkaltete Lösung gleichmäßig in alle Glasgefäße. Es muß auch hierbei noch Wasser nachgefüllt werden, daß die Lösung 3 *bis* 5 mm *über allen Platten steht*.

Beim Arbeiten mit Ätznatronlauge etc. ist Vorsicht nötig, da dieselbe die Farbe der Kleider und Fußböden angreift.

Als „Wasser“ kann jedes *reine* verwendet werden, beim „harten“ Wasser scheiden sich nach dem Erkalten Flocken aus, welche mit der Zeit zu Boden sinken und vollständig unschädlich sind.

3. Zum Schutze gegen schädigende Einflüsse der Kohlensäure der Luft gießt man auf die Lösung jedes Elementes noch eine 5 bis 8 mm hohe Schicht helles *Vaselinöl*. Auch Petroleum dient diesem Zwecke, nur verdampft dieses mit der Zeit und muß danach erneuert werden.

4. Beim Kauf von Ätznatron verlange man „*hochgrädiges*“, denn nur dieses ist befähigt, eine gute Stromerzeugung zu sichern.

b) *Kupferplatten*. 5. Die schwarzen Kupferoxydplatten werden durch die Entladung zu roten Kupferplatten reduziert. Man erkennt sonach schon an der Farbe der Platten, wenn die Entladung beendet und eine Wiederholung (Regeneration) nötig ist. Zu letzterem Zwecke schraubt man die Kupferplatten vorsichtig (denn sie sind durch die Entladung etwas weicher geworden) aus den Systemen, wickelt sie zusammen in Papier und legt das Paket einige Tage an einen trockenen, warmen Ort. Durch eine Temperatur von 100 bis 150°, wie z. B. im Kochofen, läßt sich die Oxydation schon in einigen Stunden erzielen.

6. Wenn die entladenen Kupferplatten längere Zeit in mit Zink gesättigter Lauge gestanden haben, füllen sich die Hohlräume derselben (Poren) oft mit einer weißen Masse (Zinkoxyd), welcher einer guten Oxydation hinderlich ist.

In diesem Falle legt man die Platten vor der Oxydation einige Stunden in frische Natronlösung und oxydiert erst

dann. (Die Lösung kann dann zur nächsten Füllung benutzt werden.)

7. Wenn der Betrieb eine Unterbrechung von einigen Tagen nicht gestattet, ist es ratsam, einen Satz Reserveoxydplatten anzuschaffen. Während der eine Satz entladen wird, hat der andere genügend Zeit, gut zu oxydieren.

8. Geben frisch gefüllte Elemente nicht sofort Strom, so sind schlechte Kontakte oder Überoxydation der Kupferoxydplatten die Ursache. Zur Beseitigung der Überoxydation schließt man die Batterie durch direkte Verbindung der Endpole mit einem Metalldraht einige Minuten kurz.

c) Zinkplatten. 9. Die Zinkplatten sind von der Fabrik aus amalgamiert und hält sich das Quecksilber zum größten Teil auf der Platte, bis sie verbraucht ist. Es ist daher eine nochmalige Amalgamierung bei Wiederfüllung nicht nötig. Ebenso ist eine besondere Reinigung nur dann angebracht, wenn die Zinkplatten infolge weitgehender Ausnutzung der Lauge mit harten Kristallen belegt sind.

d) Verschiedenes. 10. Beim Zusammensetzen der Elemente ist streng darauf zu achten, daß alle Platten gut parallel zueinander stehen und sonach eine Berührung (innerer Schluß) vermieden wird. Auch ist streng darauf zu achten, daß alle Schrauben und Verbindungen gut angezogen sind.

11. Frisch gefüllte Elemente haben anfangs eine etwas höhere Spannung (1 bis 1,1 Volt). Diese sog. Überspannung rührt von dem in den Poren der Kupferplatte okkludierten Sauerstoff her. Man nützt diese Überspannung dadurch aus, daß man anfangs weniger Elemente einschaltet.

12. Der Verbrauch der Lösung tritt gleichzeitig mit der Entladung der Oxydplatten ein. Die Lösung ist also jedesmal mit der Oxydation der Kupferplatten zu erneuern. Man erkennt den Verbrauch der Lösung auch, wenn sich innerhalb der Glasgefäße Kristalle an die Wände absetzen.

13. Die Glasgefäße sind vor jeder Füllung mit reinem Wasser zu spülen. Das Entfernen etwaiger festhaftender Niederschläge (Kristalle) ist nicht nötig, da diese Arbeit von der nächsten Lauge besorgt wird.

Leistung der Elemente. Die Leistung eines galvanischen Elementes hängt vor allem davon ab, welche EMK dasselbe liefert. Ein Bunsen-Element, es sei groß oder klein, hat immer eine EMK von ungefähr 1,88 V; ein Daniell-Element, man mag es noch so günstig dimensionieren, wird nie eine höhere EMK als 1,1 V erreichen; wir können diese EMK eines Elementes angenähert dadurch messen, wenn wir die Pole desselben mit einem Voltmesser verbinden, dessen Widerstand mehrere 100 Ω beträgt, so daß durch diese Stromschließung nur ein äußerst geringer Strom dem Element entnommen wird. Beansprucht man das Element mit einer bestimmten Stromstärke, so verursacht diese beim Durchfließen des inneren Widerstandes des Elementes einen Spannungsabfall und stets einen nie zu vermeidenden, bei guten konstanten Elementen, wie es die Bunsen-Elemente beispielsweise sind, nur geringen Polarisationsstrom. Dadurch wird die Höhe der EMK vermindert, wir sprechen von einer Klemmenspannung des Elementes und sagen, das Element gibt uns eine Klemmenspannung von so und so viel V, wenn wir es mit dieser oder jener Stromstärke beanspruchen. Wir sprachen bereits davon, daß wir die EMK eines Elementes durch einen hochohmigen Voltmesser angenähert bestimmen können. Will man die EMK eines Elementes genau bestimmen, so bedient man sich des Feußnerschen Kompensators, auf welche Methode jedoch Verfasser wegen der umständlichen Konstruktion des Apparates sowie des Prinzipes der Messung nicht näher eingehen will.

Die Leistungsfähigkeit eines galvanischen Elementes ist außerdem bedingt durch seinen inneren Widerstand, welcher durch auftretende Polarisation scheinbar größer wird. Der Widerstand eines Elementes ist abhängig von der Zusammensetzung der Lösungen, die darin verwendet werden, sowie von deren Konzentration und Temperatur, ferner abhängig von der Größe der im Element verwendeten Polplatten und deren Entfernung voneinander. Bei den Elementen, in denen aus bekannten Gründen poröse Tonzellen oder Tondiaphragmen wie man sie auch nennt, in Anwendung gebracht werden, beeinflußt auch der Diaphragmenwiderstand den inneren Widerstand des Elementes. Da die Tonzellen nicht immer in der

gleichen Stärke und Durchlässigkeit hergestellt sind, so variiert der innere Widerstand bei einem und demselben Element bei Verwendung verschiedener Tonzellen mitunter bis zu 20%. Aus den Dimensionen des Elementes, aus der Beschaffenheit der Lösung und deren Temperatur und dem Diaphragmenwiderstand ließe sich zwar der innere Widerstand eines Elementes berechnen, einfacher jedoch ermittelt man denselben durch eine geeignete Meßmethode.

Kennt man die EMK eines Elementes, sie sei etwa E, und schließt das Element kurz, so wird die größte dem Element entnehmbare Stromstärke J, die Kurzschlußstromstärke, erhalten werden, die wir an einem Präzisionsampermesser ablesen können. Die Klemmenspannung des Elementes muß in diesem Fall 0 sein. Der innere Widerstand des Elementes W_i errechnet sich dann aus dem Spannungsabfall im Element zu

$$W_i = \frac{E}{J}.$$

Dieser so ermittelte innere Widerstand ändert sich mit der Zeit, weil durch die fortgesetzte Benützung des Elementes speziell die Lösungen in ihrer Konzentration und Zusammensetzung geändert werden und auch mit der Zeit die depolarisierende Wirkung der Depolarisationsflüssigkeit geschwächt, somit der innere Widerstand des Elementes scheinbar vergrößert wird. Der Einfachheit wegen wollen wir im nachfolgenden stets mittlere innere Widerstände benutzen, das heißt den Widerstand des Elementes, welcher sich während der Konstaz nur bis höchstens 10% ändert. Aus der EMK eines Elementes und dessen innerem Widerstand läßt sich nach dem Ohmschen Gesetz leicht die bei einem bestimmten äußeren Widerstand erreichbare Stromstärke berechnen. Es ist einfach

$$i = \frac{\Sigma \, EMK}{\Sigma W.}$$

Als Widerstand in einem Stromkreis sind die Summen sämtlicher Widerstände in Rechnung zu ziehen, also sowohl die inneren Elementwiderstände sowie die äußeren Widerstände, aus denen der Stromkreis znsammengesetzt ist.

Beispiel: Wir verwenden ein Bunsen-Element von der EMK = 1,8 V, das einen inneren Widerstand von 0,045 Ω

besitze; schließen wir das Element durch einen äußeren Widerstand von 0,1 Ω, so erhalten wir eine Stromstärke

$$i = \frac{1,8}{0,045 + 0,1} = 12,4 \text{ A}.$$

Sobald wir aber diese Stromstärke dem Element entnehmen, sinkt die Klemmenspannung desselben; die Ursache hiervon ist zu suchen in dem schon erwähnten Spannungsabfall, der sich in unserem Fall nach der Formel berechnet:

$$\xi = i \times W_i = 12,4 \times 0,045 = 0,56 \text{ V}.$$

Durch Polarisation wird die Klemmenspannung geringer, da sich scheinbar der Wert für den inneren Widerstand vergrößert hat. Je größer die Stromstärke ist, die wir dem Element entnehmen, desto größer wird der Unterschied zwischen der berechneten und der beobachteten Klemmenspannung. Der Einfachheit wegen und um Komplikationen zu vermeiden, sind in den späteren Beispielen diese Differenzen, da sie bei mittleren Stromstärken das Resultat der Berechnungen nicht allzusehr beeinflussen, vernachlässigt.

Wir berechnen daher die Klemmenspannung des Elementes für obiges Beispiel, da der Spannungsabfall 0,56 V beträgt, zu

$$e = 1,8 - 0,56 = 1,24 \text{ V}.$$

Verringern wir den äußeren Widerstand auf die Hälfte, verwenden also einen äußeren Widerstand von 0,05 Ω, so wird uns das Element folgende Stromverhältnisse geben. Es wird

$$i = \frac{1,8}{0,045 + 0,05} = 19 \text{ A}$$

werden. Dieser so gewonnenen großen Stromstärke von 19 A wird aber bei gleichem inneren Widerstand ein größerer Spannungsabfall entsprechen, und zwar verringert sich die EMK des Elementes um den Spannungsabfall von

$$\xi = 19 \times 0,045 = 0,85 \text{ V},$$

so daß wir eine Klemmenspannung von nur $1,8 - 0,85 = 0,95$ V erhalten. Wir sehen daraus, daß, je kleiner der äußere Widerstand ist, desto größer die Stromstärke wird, daß die Klemmenspannung hingegen sinkt. Es ist klar, daß wir die Beanspruchung eines Elementes nicht bis ins unendliche treiben

können; wie weit wir aus praktischen Gründen damit gehen können, zeigen uns die Leistungskurven, die für jedes Element für verschiedene Stromstärken aufgestellt werden. Durch die Leistungskurven ist die Abhängigkeit der Klemmenspannung von der dem Element entnommenen Stromstärke durch einen Linienzug übersichtlich zum Ausdruck gebracht. Tragen wir die Klemmenspannungen als Ordinaten (auf der vertikalen Linie) auf, die diesen Klemmenspannungen jeweilig entsprechemden Stromstärken als Abszissen (auf der horizontalen Linie), so erhalten wir, wenn wir die Punkte miteinander verbinden, welche durch die Schnitte der Linien gebildet werden, die von zwei zugehörigen Werten ausgehend für Klemmenspannung und Stromstärke unter einem rechten Winkel gegeneinander zu ziehen sind, eine ununterbrochene Linie, welche Leistungskurve heißt. Wichtiger als diese Linie ist für die Beurteilung der Güte eines galvanischen Elementes die Leistungskurve, welche uns die Abhängigkeit der Klemmenspannung von der Zeitdauer der Inanspruchnahme ausdrückt, während welcher wir eine im Mittel konstante Stromstärke dem Element entnehmen. Zu diesem Zweck tragen wir in einem Koordinatensystem die Zeit in Stunden auf der Horizontalen, die Klemmenspannungen in Volt auf der vertikalen Achse auf und erhalten so folgende Leistungskurven (Fig. 35), etwa für ein kleines Bunsen-Element.

Wir sehen in Figur 35 vier Linien: I zeigt uns die Abhängigkeit der Klemmenspannung bei einer Stromentnahme 0, das heißt sie bleibt immer dieselbe, sie ist konstant 1,85 V, die Klemmenspannung des Bunsen-Elementes. II zeigt die Abhängigkeit der Klemmenspannung von der Zeit bei einer mittleren Stromentnahme von 3 A. Diese Kurve zeigt, daß die Klemmenspannung nach etwa sechs Stunden das Maximum von 1,4 V erreicht hat, dann aber langsam sinkt, bis nach 24 Stunden dieselbe nur mehr 0,4 V beträgt. Während der ersten 15 Stunden ist die Klemmenspannung als nahezu konstant anzusehen. Kurve III zeigt die Abhängigkeit der Klemmenspannung von der Zeit bei im Mittel 6 A Stromentnahme. Kurve IV bei 9 A. Aus diesen so ermittelten Leistungskurven lassen sich die mittleren konstanten Wattstundenleistungen

der Elemente bei verschiedenen Beanspruchungen ermitteln, was einfach dadurch erreicht wird, daß man die mittlere Spannung mit der Zeit, während der sie als nahezu konstant angenommen war, und der Anzahl der Amper, die dabei dem Element entnommen wurden, multipliziert. Es ist daher

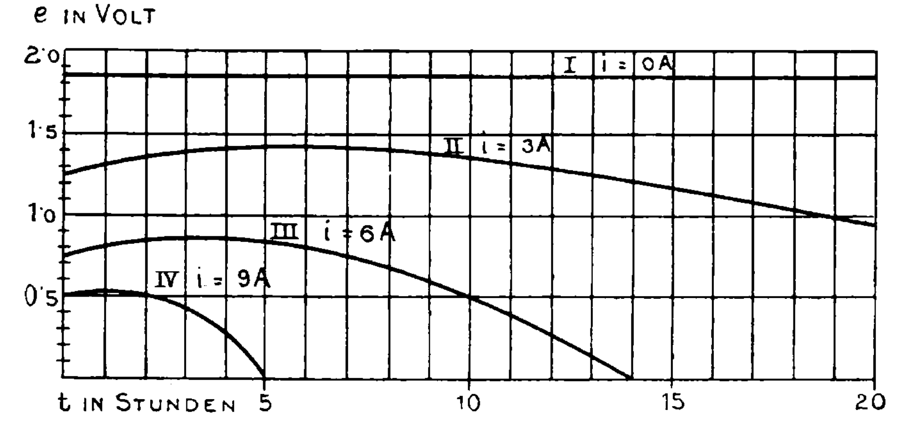
$$i \times e \times t = \text{konstante Wattstundenleistung.}$$

Die vier Leistungskurven, in Wattstunden tabellarisch zusammengestellt, zeigt nachstehende Tabelle:

Kurve	Amper	Volt	Zeit der Konstanz	Wattstundenleistung
I	0	1,85	∾	—
II	3	1,25	15	56,25
III	6	0,75	7	31,5
IV	9	0,5	2	9

Daraus geht hervor, daß die Ausnützung eines Elementes um so rationeller ist, je geringer man das Element beansprucht. Da in der Elektroplattierung zumeist ein Element nicht ausreicht, so ist es wichtig, über die Art und Weise der Verbindung der Elemente zu Batterien unterrichtet zu sein. Jedes Element besitzt bekanntlich zwei Pole, einen + und einen — Pol; der Strom geht im äußeren Stromkreis vom

Fig. 35.



Leistungskurven eines kleinen Bunsen-Elementes.

+ zum — Pol; verbindet man den + Pol des einen Elementes mit dem — Pol des zweiten, so addieren sich die beiden EMK der Elemente, der innere Widerstand verdoppelt sich jedoch. Diese Verbindungsart heißt Serienschaltung, Hintereinanderschaltung der Elemente oder Schaltung auf Spannung. Verbindet man die beiden + Pole sowohl wie die beiden — Pole miteinander, so verringert sich der innere Widerstand, die EMK bleibt jedoch die gleiche; man nennt diese Verbindungsart Parallelschaltung oder Schaltung auf Stromstärke. Nun gibt es noch eine dritte Art, Elemente zu einer Batterie zu verbinden, die Gruppenschaltung. Man verbindet zwei oder mehrere Elemente auf Stromstärke und zwei oder mehrere solcher Elementgruppen auf Spannung. Wir werden bei den einzelnen Schaltungsweisen in den nun folgenden Kapiteln sehen, wie die erforderliche Anzahl der nach einer bestimmten Art zu verbindenden Elemente berechnet wird, wenn gewisse Stromverhältnisse erreicht werden sollen. An dieser Stelle jedoch sei darauf hingewiesen, daß man zur Zusammenstellung von Batterien nur Elemente gleichen Systems und gleicher Leistungsfähigkeit benutzen soll, niemals solche verschiedener Größe oder gar verschiedenen Systems, da sie sich im letzteren Fall gegenseitig beeinflussen.

Schaltung der Elemente auf Spannung. Verbindet man den + Pol eines Elementes mit dem — Pol eines zweiten, so erhält man eine Batterie, deren EMK die Summe der beiden EMK der einzelnen Elemente ist, danach nennt man diese Schaltungsart die Schaltung auf Spannung, auch Serienschaltung oder Hintereinanderschaltung.

Verbindet man mehrere gleichgroße Elemente desselben Systems auf die genannte Weise, so ist die so erhaltene EMK der Batterie auf das Vielfache der EMK eines einzelnen Elementes gestiegen. Es wird, wenn E die EMK eines Elementes war,

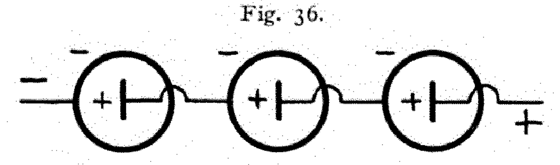
$$E_1 = n \times E,$$

wenn wir n Elemente hintereinanderschalten. So wird die EMK einer Batterie aus drei Bunsenelementen, wenn sie sämtlich hintereinandergeschaltet sind (s. Fig. 36 u. 37), $E = 3 \times 1{,}8 = 5{,}4$ V betragen. Von besonderer Bedeutung ist nun der Einfluß dieser Schaltung, wenn wir einen bestimmten äußeren Wider-

stand einmal an die durch ein Element gebildete EMK E, ein andermal an die EMK der Batterie, das ist $E_1 = n\,E$ anlegen.

Haben wir etwa ein Bunsen-Element mit einem inneren Widerstand $W_i = 0{,}045\ \Omega$ durch einen äußeren Widerstand von $0{,}1\ \Omega$ geschlossen, das heißt: aus dem inneren Widerstand

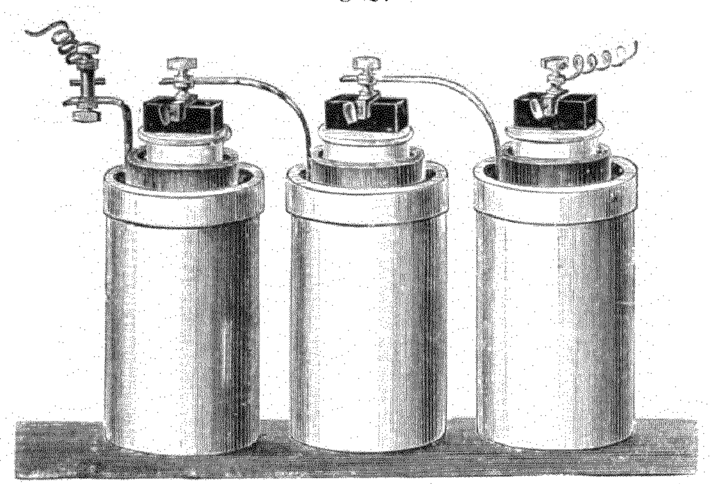
Fig. 36.



Bunsen-Elemente auf Spannung verbunden.



Fig. 37.



Bunsen-Element auf Spannung verbunden (Außenansicht).

des Elementes und dem äußeren Widerstand einen Stromkreis hergestellt, in welchem die EMK des Bunsen-Elementes die stromtreibende Kraft ist, so erhalten wir eine Stromstärke

$$i = \frac{1{,}8}{0{,}045 + 0{,}1} = 12{,}4\ \mathrm{A}.$$

Der Spannungsabfall wird $12{,}4 \times 0{,}045 = 0{,}56$ V betragen, wir werden somit eine Klemmenspannung von $1{,}8 - 0{,}56 = 1{,}24$ V erhalten.

Verbinden wir aber nun zwei solcher Bunsen-Elemente auf Spannung, so tritt Folgendes ein:

Die EMK der beiden Elemente addieren sich, wir erhalten somit eine EMK

$$E_1 = 2 \times 1{,}8 = 3{,}6\ \text{V}.$$

Der Strom hat jedoch zweimal den inneren Widerstand von 0,045 Ω zu überwinden, während der äußere Widerstand gleich geblieben sein solle. Der gesamte Widerstand des Stromkreises ist mithin $W_a + 2 \times W_i$ geworden, wenn W_a der äußere Widerstand, W_i der innere Widerstand eines Elementes ist. Die Stromstärke, die in diesem Fall durch den Stromkreis fließen wird, wird den Wert erreichen:

$$i = \frac{2 \times E}{2 \times W_i + W_a} = \frac{3{,}6}{0{,}09 + 0{,}1}\ 18{,}9 = \text{A}.$$

Dementsprechend findet ein Spannungsabfall statt von $18{,}9 \times 0{,}09 = 1{,}7$ V, und wir erhalten eine Klemmenspannung von

$$3{,}6 - 1{,}7 = 1{,}9\ \text{V}.$$

Regeln wir den äußeren Widerstand derart, daß wir so wie im ersten Fall auch nur 12,4 A durch den Stromkreis fließen lassen, so muß die Gleichung erfüllt sein:

$$i = \frac{2 \times E}{2\,W_i + W_a} = 12{,}4 = \frac{3{,}6}{0{,}09 + W_a}.$$

W_a ist darin der einzige unbekannte Wert und leicht zu berechnen. Wir erhalten durch Auflösung dieser Gleichung für W_a den Ausdruck:

$$W_a = \frac{n \times E}{i} - W_i.$$

Wenden wir auf unser Beispiel die eben gefundene Formel an, so ergibt sich für W_a der Wert:

$$W_a = \frac{3 \cdot 6}{12 \cdot 4} - 0{,}09 = 0{,}2\ \Omega.$$

Der Spannungsabfall bei 12,4 A Stromleistung ist aber in einer Batterie von zwei Elementen, die auf Spannung verbunden sind:

$$\xi = 12{,}4 \times 0{,}09 = 1{,}116\ \text{V},$$

daher die Klemmenspannung der Batterie

$$3{,}6 - 1{,}116 = 2{,}48\ \text{V}.$$

Wir ersehen daraus, daß bei gleicher Stromentnahme durch Hintereinanderschalten zweier Elemente die doppelte Klemmenspannung eines Elementes erzielt wird.

Es liefert bei dieser Schaltung:

1 Element	12,4 A	bei	1,24 V	Klemmenspannung
2 Elemente	12,4 „	„	2,48 „	„
3 „	12,4 „	„	3,72 „	„
4 „	12,4 „	„	4,96 „	„

u. s. f., wenn der innere Widerstand einer Zelle 0,045 Ω beträgt und der äußere Widerstand jeweilig so reguliert wird, daß nur die Stromstärke 12,4 A durch den Stromkreis fließt.

Lassen wir den äußeren Widerstand aber gleich und vergrößern die Anzahl der in Serie geschalteten Elemente, so wird die Klemmenspannung zwar erhöht, aber nicht proportional der Zahl der Elemente, sondern in geringerem Maße, dagegen wächst auch die Stromstärke, die durch den Stromkreis fließt.

Für die Vorausberechnung der Klemmenspannung und Stromstärke aus der Anzahl der in Serie geschalteten Elemente bei bekanntem äußeren Widerstande sind zweckmäßig nachfolgende, leicht verständliche Gleichungen zu verwenden; darin sind für die einzelnen Begriffe einfach Zeichen (Abkürzungen) eingesetzt, und zwar bezeichnen wir mit

E = die EMK eines Elementes (für Bunsen-Element = 1,8 V),
W_i = innerer Widerstand eines Elementes,
h = Anzahl der hintereinandergeschalteten Elemente,
W_a = äußerer Widerstand,
i = Stromstärke,
e = Klemmenspannung der Batterie.

Es wird dann für die zu erhaltende Stromstärke der Wert gelten:

$$i = \frac{h \times E}{h \times W_i + W_a}$$

und der Wert für die dahei erreichbare Klemmenspannung

$$e = h \times (E - i \times W_i).$$

Beispiel: Wir verwenden vier Bunsen-Elemente und verbinden sie auf Spannung; es sollen etwa die Werte gelten:

$$\begin{aligned} E &= 1{,}8\ \text{V}, \\ W_i &= 0{,}045\ \Omega, \\ h &= 4, \\ W_a &= 0{,}1\ \Omega, \end{aligned}$$

dann erhalten wir die Stromstärke

$$i = \frac{4 \times 1{,}8}{4 \times 0{,}045 + 0{,}1} = \frac{7{,}2}{0{,}28} = 25{,}7\ \text{A},$$

und die Klemmenspannung der Batterie zu:

$$e = 4 \times (1{,}8 - 25{,}7 \times 0{,}045) = 2{,}56\ \text{V}.$$

Handelt es sich darum, die Anzahl h der in Serie zu schaltenden Elemente zu finden, damit bei gegebener Stromstärke i eine bestimmte Klemmenspannung e der Batterie erzielt werde, so ist folgende Berechnungsmethode einzuhalten:

Man verwende die beiden Gleichungen

$$i = \frac{h \times E}{h + W_i + W_a} \quad \ldots\ldots\ \text{I}$$

$$e = h \times (E - i \times W_i) \quad \ldots\ \text{II}$$

und errechnet zuerst, indem man für die darin vorkommenden Zeichen die gegebenen Zahlen einsetzt, die Zahl h, der zur Erzielung der gewünschten Klemmenspannung e erforderlichen Elemente.

Es wird aus Formel II

$$h = \frac{e}{E - i \times W_i}.$$

Für den Fall, daß gegeben ist:

$$\begin{aligned} i &= 20\ \text{A}, \\ E &= 1{,}8\ \text{V}, \\ W_i &= 0{,}045\ \Omega \\ e &= 3{,}6\ \text{V}, \end{aligned}$$

wird sich h berechnen zu:

$$h = \frac{3{,}6}{1{,}8 - 20 \times 0{,}045} = 4\ \text{Elemente}.$$

Den auf diese Weise ermittelten Wert von h setzen wir in die Gleichung I ein, indem wir gleichzeitig daraus den

Wert für den äußeren Widerstand W_a berechnen. Es ergibt sich aus Gleichung I für W_a:

$$W_a = \frac{h \times (E - i \times W_i)}{i} = \frac{4 \times (1{,}8 - 20 \times 0{,}045)}{20} = 0{,}18\ \Omega.$$

Sobald wir diesen Widerstand im äußeren Stromkreis erreichen, was wir dadurch erzielen, daß wir vor das Bad einen regulierbaren Drahtwiderstand einschalten, so werden wir auch die gewünschten Stromverhältnisse erhalten.

So zeigt uns das obige Beispiel die Richtigkeit dieser Berechnung, wenn wir in die Gleichungen I und II die ermittelten Werte für h und W_a einführen; es ergibt sich tatsächlich:

$$i = \frac{7{,}2}{0{,}18 + 0{,}18} - 20\ \mathrm{A}\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ \mathrm{I}$$

$$e = 4 \times (1{,}8 = 20 \times 0{,}045) = 3{,}6\ \mathrm{V}\ \ldots\ \mathrm{II}$$

Wir haben dann nur noch in den Leistungskurven nachzusehen, wie lange Zeit bei dieser Beanspruchung das Element konstant bleibt und ob diese Zeit auch für den gewünschten Zweck ausreicht, gleichzeitig auch nachzusehen, ob das Element nicht ungünstig ausgenutzt ist. Man wird wohl allgemein als Minimum der Leistungsdauer zehn Stunden annehmen, wird aber guttun, mit der Beanspruchung weniger weit zu gehen und eventuell zur Gruppenschaltung zu greifen.

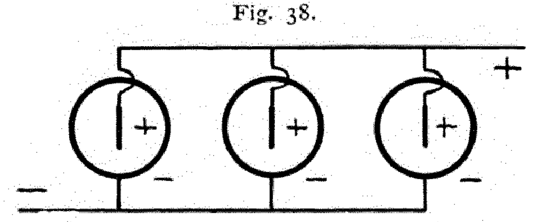
Schaltung der Elemente auf Stromstärke. Verbinden wir alle + Pole mehrerer gleicher Elemente desselben Systems miteinander, ebenso alle —-Pole, so stellt uns die so gewonnene Batterie nichts anderes dar als ein entsprechend vergrößertes Element, welche aber dann, wie schon früher besprochen, die EMK eines einzelnen Elementes besitzt. Besonders hier es wichtig, auch nur Elemente gleicher Konstruktion und Größe zusammenzuschalten.

Anders als die EMK wird der innere Widerstand beeinflußt. Der innere Widerstand sinkt durch Parallelschaltung mehrerer Elemente proportional der Anzahl der Zellen. Es wird der innere Widerstand

$$W_i = \frac{W_i}{p}\ \Omega,$$

wenn wir p Elemente parallel schalten. Aus dem Ohmschen Gesetz ist klar ersichtlich, daß man einer Batterie um so mehr Strom entnehmen kann, je geringer bei sonst gleichen Ver-

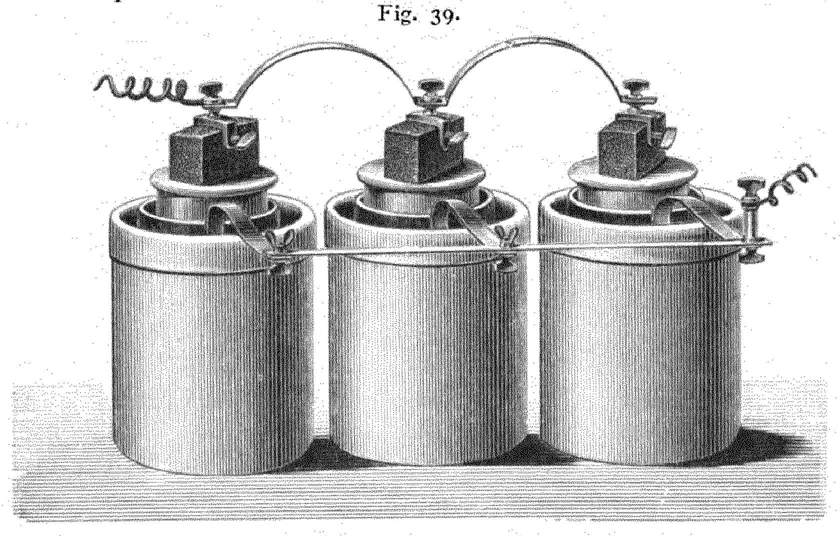
Fig. 38.



Bunsen-Elemente auf Stromstärke verbunden.

hältnissen der innere Widerstand der Batterie ist. Da wir nun durch Parallelschaltung der Elemente den inneren Widerstand verringern, so können wir der Batterie mehr Strom entnehmen als einem einzelnen Element; daher die Bezeichnung: »Schaltung auf Stromstärke« oder auch auf »Stromquantum«.

Fig. 39.



Bunsen-Elemente auf Stromstärke verbunden (Außenansicht).

Figur 38 und 39 veranschaulichen diese Schaltungsart.

Wie sich diese Schaltungsweise in den Stromverhältnissen äußert, wollen wir abermals an der Hand von Beispielen untersuchen. Angenommen, wir verwenden wieder ein Bunsen-Element, dessen innerer Widerstand 0,045 Ω betrage, und

schließen den Stromkreis durch einen äußeren Widerstand von 0,1 Ω, so erhalten wir wie früher eine Stromstärke von

$$i = \frac{1,8}{0,045 + 0,1} = 12,4 \text{ A}$$

bei einer Klemmenspannung von 1,24 V.

Schalten wir aber zwei solcher Elemente parallel, so wird der innere Widerstand der Batterie gegenüber dem inneren Widerstand eines einzelnen Elementes auf die Hälfte reduziert, wir erhalten demnach eine Stromstärke:

$$i = \frac{1,8}{\frac{0,045}{2} + 0,1} = 14,7 \text{ A.}$$

Der Spannungsabfall wird dementsprechend

$$14,7 \times \frac{0,045}{2} = 0,33 \text{ V}$$

betragen, die Klemmenspannung daher $1,8 - 0,33 = 1,47$ V sein. Reglieren wir aber die Verhältnisse so, daß wir wieder eine Klemmenspannung von 1,24 V erhalten, so wird die doppelte Stromstärke im Stromkreis herrschen.

Es fragt sich nun vorerst, welche Stromstärke ist es, die in der Anordnung zweier auf Stromstärke verbundener Elemente diesen Spannungsfall hervorruft?

$$\xi = 1,8 - 1,24 = 0,56 \text{ V}$$

ist der Spannungsabfall, der im Widerstand $\frac{0,045}{2} = 0,0225\ \Omega$ auftreten muß, wenn die in Frage stehende Stromstärke dem Elemente entnommen wird. Die Stromstärke errechnet sich zu

$$i = \frac{\xi}{\frac{W_i}{p}},$$

wobei wieder p die Anzahl der parallel geschalteten Elemente bedeutet, oder weiter

$$i = \frac{0,56}{0,0225} = 24,8 \text{ A},$$

während bekanntlich ein Element nur 12,4 A ergab. Wollen wir daher der Batterie vom inneren Widerstand 0,0225 Ω den

Strom 24,8 A entnehmen, so muß der Stromkreis durch den äußeren Widerstand W_a geschlossen sein, der den Wert haben muß:

$$W_a = \frac{E - i \times \frac{W_i}{p}}{i} = \frac{E}{i} - \frac{W_i}{p}.$$

In unserem Beispiel ist

$$W_a = \frac{1,8}{24,8} - \frac{0,045}{2} = 0,05\ \Omega.$$

Daraus sehen wir also: Veringert man den inneren Widerstand einer Batterie durch Parallelschaltung zweier Elemente auf die Hälfte desjenigen, den eine einzelne Zelle besitzt, und verringern gleichzeitig den äußeren Widerstand auf die Hälfte, so werden wir die gleiche Klemmenspannung erhalten, die uns ein Element gab, jedoch wird die doppelte Stromstärke durch den Stromkreis fließen.

Die allgemeinen Formeln zur Berechnung der Stromstärke und der Klemmenspannung bei Parallelschaltung von Elementen und zur Berechnung der Anzahl der Elemente, die zur Erreichung bestimmter Stromstärken und Klemmenspannungen unter 1,8 V (bei Anwendung von Bunsen-Elementen) nötig sind, sind nachstehend angeführt.

Es gelten hierbei wieder die Bezeichnungen:

E = EMK eines Elementes,
W_i = innerer Widerstand eines Elementes,
W_a = äußerer Widerstand,
p = Anzahl der parallel geschalteten Elemente,
i = Stromstärke,
e = Klemmenspannung der Batterie;

dann ist

$$i = \frac{E}{\frac{W_i}{p} + W_a}\ \mathrm{A}$$

und

$$e = E - \frac{W_i}{p} \times i\ \mathrm{V}.$$

Auch hierbei wird der Fall eintreten, die Anzahl der Elemente zu berechnen, die man auf Stromquantum zu ver-

binden hat, damit bei gegebener Stromstärke eine bestimmte Klemmenspannung erhalten werde. Zu diesem Zwecke kombiniert man die beiden eben gefundenen Gleichungen und errechnet sich zuerst den äußeren Widerstand W_a, der vorhanden sein muß, damit die verlangte Stromstärke bei der gegebenen Klemmenspannung erzielt werde. Man verfährt bei dieser Berechnung so:

In die beiden Gleichungen

$$i = \frac{E}{\frac{W_i}{p} + W_a} \quad \ldots\ldots\ldots \text{ I}$$

$$e = E - \frac{W_i}{p} \quad \ldots\ldots\ldots \text{ II}$$

setzt man zunächst die bekannten Werte ein.

Ist zum Beispiel gegeben:

$$E = 1{,}8 \text{ V}$$
$$W_i = 0{,}045\ \Omega$$
$$i = 20 \text{ A},$$
$$e = 1{,}5 \text{ V},$$

so sind die Gleichungen I und II zu schreiben

$$20 = \frac{1{,}8}{\frac{0{,}045}{p} + W_a} \quad \ldots\ldots \text{ I}$$

$$1{,}5 = 1{,}8 - \frac{0{,}045}{p} \times 20 \quad \ldots \text{ II}$$

Aus der Gleichung II berechnet man zunächst das p, das ist die Anzahl der parallel zu schaltenden Elemente, um bei einer Stromentnahme $i = 20$ A eine Klemmenspannung $e = 1{,}5$ V zu erhalten.

Es wird daraus:

$$p = \frac{W_i \times i}{E - e} = \frac{0{,}045 \times 20}{1{,}8 - 1{,}5} = 3 \text{ Elemente.}$$

Die so erhaltene Zahl für p setzt man für p in die Gleichung I ein und errechnet daraus W_a zu

$$W_a = \frac{p \times E - i \times W_i}{i \times p} = \frac{3 \times 1{,}8 - 20 \times 0{,}045}{20 \times 3} = 0{,}075\ \Omega.$$

Es wird nicht immer dieser äußere Widerstand in den Elektroplattierbädern vorhanden sein, kann aber leicht durch regulierbare Drahtwiderstände, die im äußeren Stromkreis einzuschalten sind, erreicht werden. Setzen wir den eben errechneten äußeren Widerstand W_a in die beiden Gleichunge ein, so sehen wir, daß die Bedingungen erfüllt sind. Es wird tatsächlich:

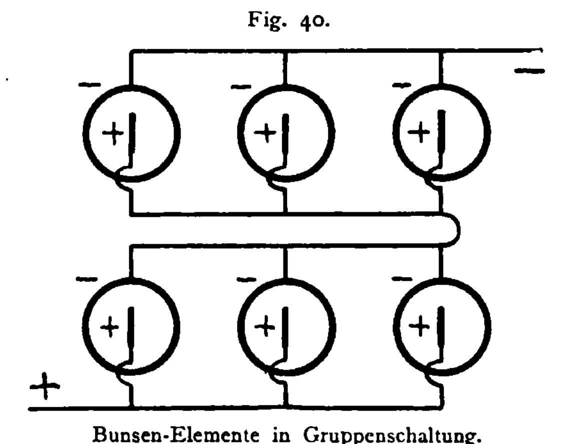
$$i = \frac{1{,}8}{\frac{0{,}045}{3} + 0{,}075} = 20 \text{ A},$$

$$e = 1{,}8 - \frac{0{,}045}{3} \times 20 = 1{,}5 \text{ V}.$$

Gruppenschaltung der Elemente. Reicht die Parallelschaltung für bestimmte Zwecke nicht mehr aus, weil man höhere Spannungen benötigt bei entsprechend großen Stromstärken, so greift man zur Gruppenschaltung.

Hierzu werden mehrere Elemente auf Stromquantum verbunden und mehrere solcher auf Stromquantum verbundenen Elementgruppen auf Spannung, das ist hintereinandergeschaltet.

Fig. 40.



Bunsen-Elemente in Gruppenschaltung.

Die Berechnung der erforderlichen Elementzahl sowie die durch eine bestimmte Gruppenschaltung erzielte Klemmenspannung und Stromstärke schließt sich im Prinzip ganz an die beiden ersteren Schaltungsweisen an, es sind einfach die beiden ersten Methoden kombiniert.

Figur 40 zeigt eine solche Gruppenschaltung.

Bezeichnet man mit

p = Anzahl der in einer Gruppe auf Stromquantum verbundenen Elemente (parallel geschaltete Elemente),
h = Anzahl der auf Spannung verbundenen Gruppen (hintereinandergeschaltete Gruppen),
W_a = äußerer Widerstand,
W_i = innerer Widerstand eines Elementes,
i = Stromstärke, die die Batterie liefert,
E = EMK eines Elementes,
e = Klemmenspannung der Batterie,

so gelten als allgemeine Gleichungen für die Leistung der Batterie

$$i = \frac{E \times h}{\frac{h_1 \times W_1}{p} + W_a} \quad \ldots\ldots \text{I}$$

$$e = h \times \left(E - i \times \frac{W_1}{p}\right) \quad \ldots\ldots \text{II}$$

Beispiel: Es sollen in einer solchen Batterie die Größen gelten:

$p = 4$
$h = 2$
$W_a = 0{,}0255\ \Omega$
$W_1 = 0{,}045$
$E = 1{,}8$ V,

dann erhalten wir für die Stromstärke, die durch den Stromkreis fließt, den Wert:

$$i = \frac{3{,}6}{\frac{2 \times 0{,}045}{4} + 0{,}0255} = 75 \text{ A}$$

und die an den Polen der Batterie herrschende Klemmenspannung wird sein:

$$e = 2 \times \left(1{,}8 - 75 \times \frac{0{,}045}{4}\right) = 1{,}92 \text{ V.}$$

Es ist auch bei dieser Schaltungsart geboten, Formeln zu haben, die uns in den Stand setzen, im voraus die gegebenen Verhältnissen entsprechende Stromstärke und Klemmenspannung zu berechnen, beziehungsweise die Gruppierung

der Elemente zu bestimmen, damit bestimmte Stromverhältnisse erreicht werden.

Wir verfahren dazu in derselben Weise, indem wir mit Hilfe der Formeln I und II aus II zuerst die Anzahl h der in Serie zu schaltenden Elementgruppen ermitteln, die nötig ist, um die gewünschte Klemmenspannung e zu erzeugen.

Wir erhalten den Wert für h aus der Gleichung:

$$h = \frac{e}{E - i \times \frac{W_i}{p}}.$$

Diesen Wert für h setzen wir in die Gleichung I ein und errechnen daraus den äußeren Widerstand W_a zu:

$$W_a = \frac{h \times (p \times E - i \times W_i)}{i \times p}.$$

Der äußere Widerstand W_a wird dann, wie dies schon bei den beiden ersten Schaltungsweisen angeführt wurde, durch Regulieren mit künstlichen Drahtwiderständen, die in den Stromkreis eingeschaltet werden, erreicht.

Beispiel: Es ist die Anzahl der Elemente zu suchen, die zu einer Gruppenschaltung zu vereinigen sind, und die Anzahl der in Serie zu schaltenden Elementgruppen, damit eine Stromstärke von 50 A und elne Klemmenspannung von 2,1 V erhalten werde.

Zuerst hat man nun die Anzahl der parallel zu schaltenden Elemente zu einer Gruppe anzunehmen und in den Leistungskurven nachzusehen, ob die Stromentnahme pro Element den gewünschten Verhältnissen entspricht, demgemäß dann entsprechende Korrekturen vorzunehmen.

Weiter sollen die Werte gelten:

$$\begin{aligned} e &= 2{,}2 \text{ V} \\ i &= 50 \text{ A} \\ W_i &= 0{,}045\ \Omega \\ p &= 3 \text{ Elemente.} \end{aligned}$$

Wir errechnen zunächst

$$h = \frac{2{,}2}{1{,}8 - 50 \frac{0{,}045}{3}} = 2.$$

Es sind also zwei Gruppen von je drei parallel geschalteten Elementen auf Spannung zu verbinden, also sechs Elemente erforderlich.

Es ist ein äußerer Widerstand W_a erforderlich, dessen Größe sich zu:

$$W_a = \frac{2 \times (3 \times 1{,}8 - 50 \times 0{,}045)}{50 \times 3} = 0{,}042\ \Omega$$

ergibt. Setzen wir jetzt die beiden Werte für h und W_a in die beiden Gleichungen I und II ein, so erhalten wir die gewünschte Leistung in Amper und Volt (Kontrolle)

$$i = \frac{2 \times 1{,}8}{\frac{0{,}045 \times 2}{3} + 0{,}042} = 50\ \mathrm{A},$$

$$e = 2 \times \left(1{,}8 - 50 \times \frac{0{,}045}{3}\right) = 2{,}1\ \mathrm{V}.$$

Verfasser erwähnt nochmals, daß es nötig ist, zu kontrollieren, ob diese so berechnete Beanspruchung eines Elementes nicht so groß ist, daß das Element zu bald erschöpft würde, wodurch eine Betriebsstörung zu befürchten wäre.

Um diese Kontrolle auszuführen, rechnet man sich die auf ein Element entfallende Stromstärke aus und sieht in den Leistungskurven nach, welche konstante Stromleistung das betreffende Element bei einer solchen Beanspruchung gibt.

Es ist Regel, daß man Elemente mit keiner größeren Stromstärke beansprucht, als diejenige ist, welche im Element einen Spannungsabfall hervorruft, welcher der halben EMK des Elementes entspricht.

Also im Maximum bei

Bunsen-Elementen mit 0,9 V,
Daniell-Elementen mit 0,55 V
etc. etc.

Erwähnt sei noch, daß bei größeren Beanspruchungen eine Erwärmung der Elemente eintritt, wodurch der Widerstand im Innern vermindert wird. Je stärker der Strom ist, desto öfter wird der Fall eintreten, daß die Depolarisationsflüssigkeit nicht mehr derart wirken kann, daß eine totale

Vermeidung der Polarisation erreicht wird. Die Abnahme der Eigenschaft als konstantes Element wächst mit zunehmender Stromabnahme, was also nochmals darauf hinweist, bei der Zusammenstellung der Elemente zu einer Batterie auch stets die Leistungskurven zu berücksichtigen.

Die Dynamomaschinen.

Die heute gebräuchlichste Art der Erzeugung stärkerer elektrischer Ströme beruht auf der Umwandlung von mechanischer in elektrische Energie. Der Apparat, der diese Umwandlung vollzieht, ist die Dynamomaschine, bisher die bequemste, reinlichste und dabei rationellste Stromquelle. Es würde zu weit führen, alle vorkommenden Maschinentypen sowie die Entwicklungsgeschichte der Dynamomaschine anzuführen, das Prinzip, wie aus mechanischer Energie elektrische erzeugt wird, ist ja immer dasselbe, ob die Maschine eine Nebenschluß-, Hauptstrom-, Compoundmaschine oder eine Maschine mit separater Felderregung ist. Es sei nur erwähnt, daß die in der Elektroplattierung gebräuchlichen Maschinen dem Gleichstromsystem angehören und nach der Type der Nebenschlußmaschine gebaut sind. Zum Verständnis der angeführten Energieumwandlung mögen die drei nachfolgenden Kapitel über Elektromagnetismus, Induktion und elektromagnetische Wechselwirkungen dienen.

Elektromagnetismus. Es ist allgemein bekannt, daß ein Eisenstab, der durch Streichen mit einem starken Magnet magnetisch geworden ist, ebenfalls die Fähigkeit besitzt, Eisenteile anzuziehen. Untersucht man einen solchen Magnetstab genau, so findet man, daß die von demselben auf Eisen ausgeübte Anziehungskraft an zwei Punkten des Stabes besonders stark ist, und zwar liegen die beiden Punkte, die man Pole nennt, nahezu an den beiden Stabenden, man nennt sie den Südpol und den Nordpol. Hängt man einen Magnetstab in seinem Schwerpunkt auf, so daß er in einer horizontalen Ebene schwingen kann, und nähert seinem Pol einen anderen Magnet, so findet man, daß der eine Pol des freien Magneten das eine Ende (Pol) des aufgehängten Magnetstabes abstößt,

während der andere Pol des freien Magneten dasselbe Ende des aufgehängten Stabes anzieht. Es gilt als Regel:

Ungleichnamige Pole ziehen sich an, gleichnahmige Pole stoßen sich ab. Es wird also ein Nordpol einen anderen Nordpol abstoßen, ebenso werden sich zwei Südpole abstoßen, hingegen wird sich je ein Nordpol und ein Südpol anziehen.

Aber auch auf andere Weise läßt sich ein Magnet erzeugen, und zwar nimmt man da die magnetisierende Wirkung des elektrischen Stromes zu Hilfe. Legen wir um ein Stück weichen Eisens mehrere Windungen aus isoliertem Kupferdraht und schicken durch letzteren einen stets in einer Richtung fließenden elektrischen Strom, so wird das Eisen die Fähigkeit erhalten, Eisenmassen festzuhalten, es wird magnetisch werden. Vergrößern wir die Stromstärke in den Drahtwindungen oder vermehren wir bei gleichbleibender Stromstärke die Anzahl der um das Eisen geführten Drahtwindungen, so wird dadurh die magnetische Anziehungskraft des Eisens vergrößert. Wir sprechen daher von einer magnetisierenden Kraft des elektrischen Stromes und charakterisieren seine Größe durch das Produkt aus Drahtwindungszahl und Stromstärke, welche die das Eisen umgebenden Windungen durchfließt.

Das Produkt heißt Amperwindungszahl AW, und man schreibt:

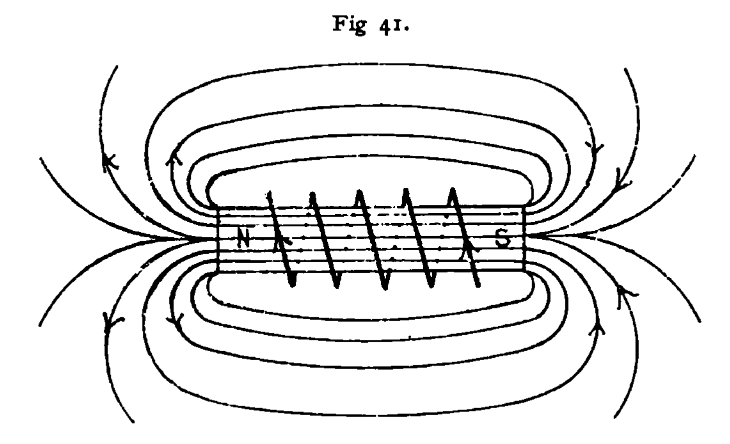
$$AW = z \times J,$$

wobei z die Windungszahl, J die Stromstärke in den Drahtwindungen bedeutet und in Amper gemessen wird. Die so erzeugten Magnete nennt man Elektromagnete; sie besitzen nur so lange eine magnetische Kraft, als ein Strom durch die Drahtwindungen fließt; wird der Strom unterbrochen, so läßt die magnetische Kraftwirkung des Eisens fast, allerdings nicht ganz nach, denn es bleibt eine gewisse Menge Magnetismus im Eisen zurück, welche von der Beschaffenheit des Eisens abhängt und »remanenter Magnetismus« heißt. Auch die Elektromagnete besitzen Pole, und zwar entstehen sie nach ganz bestimmten Regeln, je nach der Richtung, in welcher elektrischer Strom die den Magnetismus erregenden Drahtwindungen durchströmt. Die Regel, die uns darüber Aufschluß gibt, ist die Ampersche Regel und lautet:

Denkt man sich mit dem Strom schwimmend, in der Weise, daß der Strom bei den Füßen ein-, bei dem Kopfe austritt, das Gesicht dem zu magnetisierenden Eisenstück zugewendet, so zeigt der ausgestreckte linke Arm nach dem Nordpol. (Vergleiche Fig. 41.)

So wie man sich über das Wesen der Elektrizität Aufschluß zu geben suchte, war man auch bestrebt, die Ursachen der magnetischen Wirkung von Eisenmagneten zu ergründen. Durch die Anwendung von Elektromagneten wurde man in die Lage versetzt, genauere Gesetzmäßigkeiten ausfindig zu

Fig 41.



Magnetische Kraftlinienströmung.

machen und so dem Ziele, die Ursache und das Wesen des Magnetismus zu erfassen, nähergebracht. Heute nimmt man allgemein die Hypothese der Kraftlinien an und erklärt sich damit alle magnetischen Erscheinungen. Man schreibt nach der Kraftlinientheorie die magnetische Anziehungskraft von Eisenkörpern dem Strömen eines dem elektrischen ähnlichen Fluidums zu, was man als Kraftlinienströmung bezeichnet. Legt man auf einen Magnetstab, etwa auf den in Figur 41 gezeichneten Elektromagnet NS, eine Glasplatte und bestreut sie mit feinen Eisenfeilspänen, so werden sich letztere, nachdem man durch einen leisen Schlag an den Rand der Platte diese in Schwingung versetzt hat, nach bestimmten Linien, wie sie Figur 41 zeigt, gruppieren. Wir sehen geschlossene Linien von

dem Nordpol nach dem Südpol sich ziehen und sagen daher, die Kraftlinien fließen, indem sie vom Nordpol austreten, durch die Luft zum Südpol, vereinigen sich dort wieder und durchsetzen den Eisenstab bis zum Nordpol. An den beiden Enden, wo die Kraftlinien am meisten Raum zur Ausdehnung haben, ist die Wirkung nach außen am größten. Die ganze Sphäre, in der eine magnetische Wirkung ausgeübt wird, bezeichnet man als das magnetische Feld des betreffenden Magneten. Die Stärke eines magnetischen Feldes drückt man aus durch die Anzahl der auf 1 qcm des Flächenquerschnittes entfallenden Kraftlinienzahl, was man kurz als Feldinduktion bezeichnet. Ähnlich wie beim elektrischen Strom von Stromstärke, Stromspannung und elektrischem Widerstand gesprochen wurde, können wir beim Magnetismus und Elektromagnetismus von einer Feldstärke, magnetomotorischen Kraft und einem magnetischen Widerstand sprechen. Die Stromstärke ist zu vergleichen mit der Feldstärke eines Magneten, die elektromotorische Kraft oder Stromspannung mit der magnetomotorischen Kraft einer Magnetisierungspirale, die durch die Amperwindungszahl gemessen wird. Der elektrische Widerstand eines Elektrizitätsleiters ist analog mit dem magnetischen Widerstand von Eisensorten, Nickel, Kobalt usw. und von Luft.

Während Luft für elektrische Ströme als Isolator gilt, durchsetzen sie die magnetischen Kraftlinien, wenn auch der magnetische Widerstand der Luft bedeutend größer ist als der der Eisenorten. Diejenigen Kraftlinien, welche in einem sie leitenden Medium wie Eisen oder Luft geradlinig verlaufen, bezeichnet man als homogenes Kraftlinienfeld, die auf 1 qcm des Leitungsquerschnittes entfallende Kraftlinienzahl oder Kraftliniendichte ist dort überall gleich. Ist aber der Verlauf der Kraftlinien (in Luft) durch gekrümmte Linien gekennzeichnet, so spricht man von einem Streufeld, von einer Streuung der Kraftlinien; die magnetische Induktion in solchen Streufeldern ist nicht überall gleich, das Feld ist nicht mehr homogen. Je weiter wir mit der Messung der magnetischen Induktion in einem solchen Streufeld von dem homogenen Kraftlinienfeld weggehen, um so geringer finden wir die Induk-

tion, was an der Hand eines Versuches ähnlich wie in Figur 42 leicht nachzuweisen ist.

Induktion. Wir haben gesehen, wie wir dadurch, daß wir um einen unmagnetischen Eisenkörper eine stromdurchflossene Drahtspule legen, einen Magnet erhalten; wir können nun diesen Vorgang auch umkehren, wobei sich folgendes ergibt: Schieben wir in eine Drahtspirale einen Magnetstab hinein, so entsteht, solange diese Bewegung andauert, in den Windungen der Drahtspirale ein elektrischer Strom von bestimmter Richtung und von bestimmter elektromotorischer Kraft; es fließt aber dieser Strom nur so lange, als die Bewegung des Magneten anhält, sobald der Magnetstab zur Ruhe kommt, hört auch das Fließen des elektrischen Stromes auf. Ziehen wir den Magneten wieder aus der Spirale heraus, so entsteht abermals ein Strom, aber von entgegengesetzter Richtung. Ebenso entsteht ein elektrischer Strom in einem stromlosen Leiter, wenn wir in einem benachbarten Leiter plötzlich einen Strom hervorrufen; dessen Richtung ist umgekehrt, wenn wir den Strom aus dem benachbarten Leiter plötzlich wieder verschwinden lassen. Auch hier hält das Fließen des so erzeugten Stromes nur so lange an, bis der im benachbarten Leiter erzeugte elektrische Strom einen stationären Zustand erreicht hat, etwa ein Maximum, oder ganz daraus verschwunden ist; jede Verstärkung oder Schwächung des Stromes bewirkt einen neuen Stromimpuls im Leiter. Die auf diese Weise erzeugten elektrischen Ströme nennt man Induktionsströme, die Erscheinung selbst Induktion. Man nimmt an, daß jeder vom Strom durchflossene Leiter ein magnetisches Feld erzeugt, dessen Kraftlinien in konzentrischen Kreisen um den Leiter verlaufen. Bringt man nun in eine Spirale aus stromlosen Windungen einen Magnet, so wird, solange sich die von dem Magnet ausgesandten Kraftlinien um die einzelnen Leiter stetig vermehren und letztere schneiden, in diesen einzelnen Leitern oder Windungen der Spirale ein elektrischer Strom erzeugt. Die elektromotorische Kraft dieses Induktionsstromes ist proportional der Änderung der Kraftlinienzahl. Erzeugen wir einen Induktionsstrom in einem Leiter dadurch, daß wir in einem benachbarten Leiter einen Strom entstehen

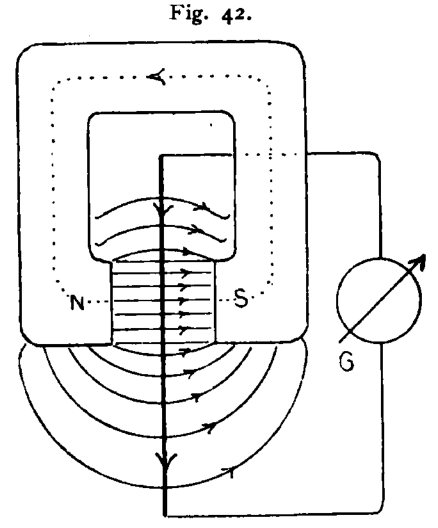
lassen, so entsteht in letzterem ein magnetisches Feld, der Leiter wirkt also dann wie ein Magnet, der seine Kraftlinien radial von sich wellenförmig aussendet. Ist der Verlauf dieser Wellenbewegung vorüber, tritt also keine Änderung der Kraftlinienzahl an dem stromlosen Leiter ein, so ist auch keine Ursache mehr für ein weiteres Entstehen eines elektrischen Stromes vorhanden. Je weiter die beiden Leiter voneinander entfernt sind, desto geringere Kraft wird die auslaufende Kraftlinienquelle haben, sie ist bereits verflacht, die Kraftlinienänderung ist nur noch sehr klein, daher die erzeugte elektromotorische Kraft im Leiter gering. Maßgebend für das Entstehen eines Stromes durch Induktion ist also die Anderung des Zustandes zwischen dem Leiter und dem magnetischen Feld. Wir sagen daher zusammenfassend: Man erhält einen Induktionsstrom, wenn man das gegenseitige Verhältnis zwischen dem Stromleiter und dem magnetischen Feld ändert; der entstehende Induktionsstrom erzeugt selbst wieder ein magnetisches Feld, wirkt also der magnetischen Kraftwirkung entgegen, er sucht das ursprüngliche Verhältnis aufrecht zu erhalten. Wir wollen nun den speziellen Fall der Induktion betrachten, der uns für das spätere Verständnis der Wirkung der Dynamomaschine unbedingt nötig ist.

Auf irgend eine Weise stellen wir uns ein magnetisches Feld her, das zwischen den Polen eines hufeisenförmig gebogenen Magneten entsteht, siehe Figur 42.

Es strömen vom Nordpol nach dem Südpol Kraftlinien über, deren Gesamtheit uns das magnetische Feld darstellt. Wir bezeichnen die Richtung der Kraftlinien vom Nordpol nach dem Südpol in der Richtung des Pfeiles als + Richtung der Kraftlinien. Bewegen wir durch dieses magnetische Feld zwischen den beiden Polen einen Leiter derart, daß er die Richtung der Kraftlinien senkrecht durchschneidet, also senkrecht zur Papierebene sich bewegt, so entsteht in dem Leiter ein elektrischer Strom, wir haben einen Strom induziert, der an dem Ausschlag der Magnetnadel eines empfindlichen Galvanometers G nachgewiesen werden kann. Bewegen wir den Leiter in umgekehrter Richtung durch das magnetische Feld, so schlägt die Nadel des Galvanometers nach der anderen

Seite aus, was uns andeutet, daß ein Strom von entgegengesetzter Richtung im Leiter entstanden ist. Es wird nun unsere nächste Aufgabe sein, uns über das Gesetz zu orientieren, das uns über die Richtung des Stromes im bewegten Leiter Aufschluß gibt, wenn die + Richtung der Kraftlinien bekannt ist und ebenso die Bewegungsrichtung des Leiters.

Fig. 42.



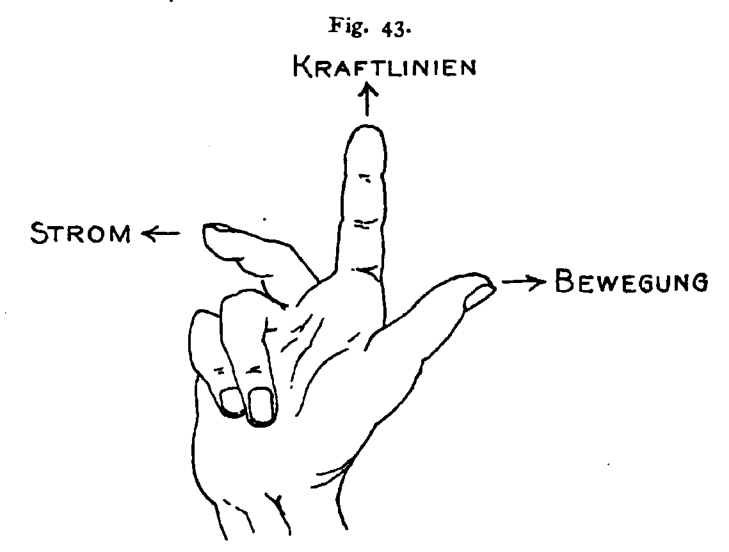
Stromerzeugung durch Induktion.

Die elektromagnetischen Wechselwirkungen. Zwischen den Faktoren: Bewegung, Stromleiter und Magnetfeld besteht eine innige Beziehung, die unter der Bezeichnung »die elektromagnetischen Wechselwirkungen« bekannt ist. Die gegenseitige Beeinflussung dieser Faktoren folgt einem Gesetz, das sich mit Hilfe einer einfachen Gedächtnisregel leicht einprägt. Man stelle sich durch die drei ausgestreckten Finger der rechten Hand, siehe Figur 43, Daumen, Zeigefinger, Mittelfinger ein dreiachsiges, rechtwinkeliges Koordinatensystem dar.

Wir merken uns dann: Der ausgestreckte Daumen gibt die Richtung der Bewegung an, der ausgestreckte Zeigefinger die + Richtung der Kraftlinien, der ausgestreckte Mittelfinger die + Richtung des Stromes. Ist die Bewegungsrichtung des Leiters durch den Daumen und die + Richtung der Kraftlinien durch den Zeigefinger festgestellt, dann fließt der Strom im Stromleiter in der Richtung des Mittelfingers. Steht hingegen der Leiter still, und ist außerdem ein magnetisches Feld vorhanden von bekannter Kraftlinienrichtung, und lassen wir im Leiter plötzlich einen Strom entstehen, welcher in der Richtung des ausgestreckten Mittelfingers verläuft, so wird eine Bewegung des Leiters erzeugt, welche in der Richtung des Daumens erfolgt. So entsteht in dem Leiter (Fig. 42) ein

Strom in der gezeichneten Pfeilrichtung, wenn wir bei dem vorhandenen magnetischen Feld, dessen + Kraftlinienströmung durch die Pfeile angedeutet ist, den Leiter senkrecht in die Papierebene hineinbewegen. Kehren wir die Bewegungsrichtung um, dann wird der Strom, wie man sich durch eine einfache Umstellung der Hand erklären kann, in der entgegengesetzten Richtung verlaufen Vergrößern wir nun aber die Bewegungsgeschwindigkeit des Leiters durch das magnetische Feld, so

Fig. 43.



Fingerstellung für die Gedächtnis-Regel.

zeigt die Nadel einen größeren Ausschlag an, verringern wir sie, so wird der Ausschlag der Nadel des Galvanometers kleiner sein. Wir schließen daraus: Die im Leiter durch Induktion erzeugte EMK ist proportional der Geschwindigkeit, mit der ein Leiter durch ein magnetisches Feld bewegt wird. Vergrößern wir die Länge des Leiters zwischen beiden Polen des Magneten etwa durch geeignete Vermehrung der zwischen den Polen bewegten Leiterstücke, so wird bei gleichbleibender Bewegungsgeschwindigkeit des Leiters die in ihm erzeugte EMK seiner Länge proportional sein. Verstärken wir aber das magnetische Feld, das ist die gesamte Kraftlinienzahl, welche von dem Leiter während der Bewegung geschnitten wird, so wird bei gleichbleibender Leiterlänge und gleicher

Bewegungsgeschwindigkeit desselhen die durch Induktion bewirkte EMK der Kraftlinienzahl proportional sein. Die Größe der erzeugten EMK ist von dem Winkel abhängig, unter welchem die Kraftlinien geschnitten werden, und zwar gilt das Gesetz, daß bei sonst gleichen Umständen die induzierte EMK dem Sinus des Winkels proportional ist, unter dem der Leiter die Kraftlinien schneidet.

Die EMK erreicht also ein Maximum, wenn der Sinus = 1 ist, das heißt der Winkel, unter dem der Stromleiter die Kraftlinien schneidet, 90^0 beträgt; mit anderen Worten, wenn die Kraftlinien vom Leiter senkrecht geschnitten werden.

Bezeichnen wir die durch Induktion erzeugte EMK durch E (in Volt ausgedrückt), bedeutet ferner:

N = gesamte Kraftlinienzahl, welche der Leiter schneidet,
v = Bewegungsgeschwindigkeit des Leiters in m gemessen (per Sekunde),
l = Länge des Leiters,
α = Winkel, unter dem die Kraftlinien vom Leiter geschnitten werden,

dann ist die erzeugte EMK im Leiter:

$$E = N \times v \times l \times \sin \alpha \times 10^{-8} \, V.$$

Die so erzeugte EMK (E) erreicht bei sonst gleichbleibenden Verhältnissen, wie uns bereits bekannt ist, ein Maximum, wenn der Winkel, unter dem die Kraftlinien geschnitten werden, 90^0 beträgt. Es vereinfacht sich dann obige Gleichung in folgender Weise:

$$E = N \times v \times l \times 10^{-8} \, V.$$

Um eine EMK durch Induktion zu erzeugen, ist für die Bewegung des Leiters ein mechanischer Effekt nötig, denn wir wissen, daß die erzeugte EMK den ursprünglichen Zustand des Leiters aufrecht zu erhalten sucht. Es entspricht der erzeugten elektrischen Energie der mechanische Effekt, den wir anwenden müssen, um diese Gegenwirkung zu überwinden, also den Leiter zu bewegen. Es sind theoretisch 736 Watt elektrischer Energie einer mechanischen Pferdekraft äquivalent.

$$736 \text{ Watt} = 1 \text{ PS}.$$

Wirkungsweise der Dynamomaschinen. Je nachdem die Stromrichtung der von den Dynamomaschinen erzeugten Ströme konstant dieselbe bleibt oder aber in bestimmten Intervallen wechselt, unterscheidet man Gleichstrom- und Wechselstrommaschinen. In der Elektroplattierung verwendet man ausschließlich Gleichstrommaschinen, da aus späteren Auseinandersetzungen zu ersehen ist, daß nur durch Gleichstrom aus Metallsalzlösungen Metalle abgeschieden werden können. Das Konstruktionsprinzip von Dynamomaschinen ist kurz folgendes:

Zwischen den genau zylindrisch ausgebohrten, eisernen Polmagneten N und S wird ein aus Eisenblechscheiben zusammengesetzter Eisenring gedreht, der auf seiner Oberflächemit geeigneten Drahtwindungen umgeben ist; je nach der Art und Weise, wie diese Drahtwindungen über den Eisenring eingeführt werden, nennt man diesen rotierenden Teil, welcher »Anker« der Maschine genannt wird, **Ringanker** oder **Trommelanker.**

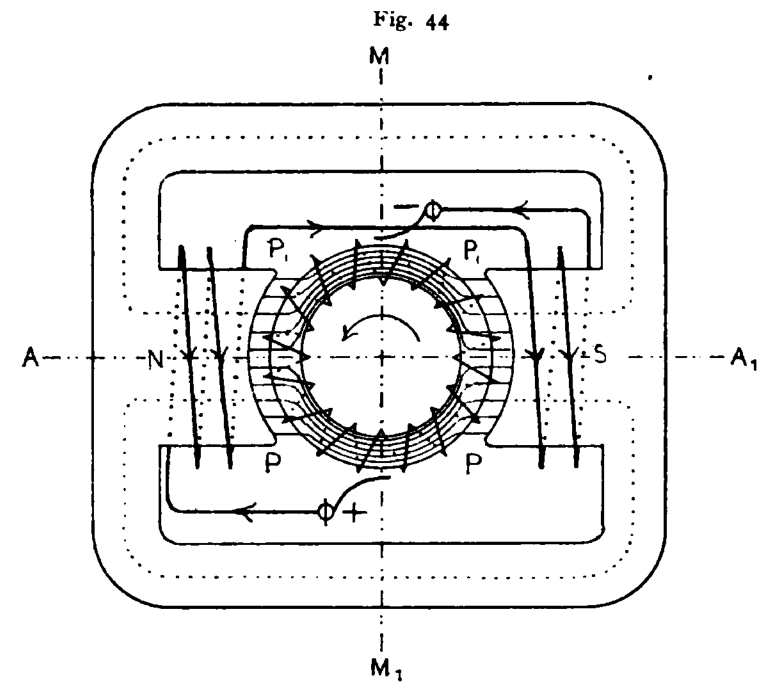
Bei einem Ringanker sind die Drahtwindungen in einer fortlaufenden Spirale um den Eisenkörper gewickelt, beim Trommelanker bilden die Drähte einen Knäuel, der um den eisernen Ring, der den Kern bildet, gewickelt ist.

Der zwischen den Polen rotierende Eisenkörper hat eine zweifache Aufgabe: er trägt erstens die Kupferwindungen des Ankers, und zweitens sammelt er die Kraftlinien, die vom Nordpol austreten, und führt sie bis zum Südpol, siehe Figur 44. Die Kraftlinien durchströmen also das Magnetgestelleisen, legen zwei kleine Strecken in der Luft zurück, und der magnetische Stromkreis wird durch das Ankereisen vervollständigt. Da das Eisen die Kraftlinien besser leitet als die Luft, so wird nur ein sehr verschwindend kleiner Teil derselben durch den inneren Teil des Ringes seinen Weg zum Südpol nehmen, der Hauptteil der Kraftlinien wird sich vielmehr auf die beiden Ankerhälften verteilen; wie aus der Figur 44 zu ersehen, ist die Kraftliniendichte im Anker in der Richtung MM_1 am größten und nimmt gegen AA_1 erst langsam, dann aber immer schneller ab, bis die Kraftliniendichte in der Richtung AA_1 selbst null geworden ist.

Mit der Änderung der Dichte ändert sich auch die totale Kraftlinienzahl, die durch die einzelnen Windungen der Anker-

wicklung bei der Bewegung des Ankers in der gezeichneten Pfeilrichtung umfaßt wird. Die Änderung der Kraftlinienzahl ist in dem Teil, der den Polflächen PP_1 gegenüberliegt, am größten, es wird also dort hauptsächlich die EMK der Maschine erzeugt, während der Teil zwischen den Polen N und S (das sind die Strecken P_1, P_1 und P, P) keinen Strom indu-

Fig. 44



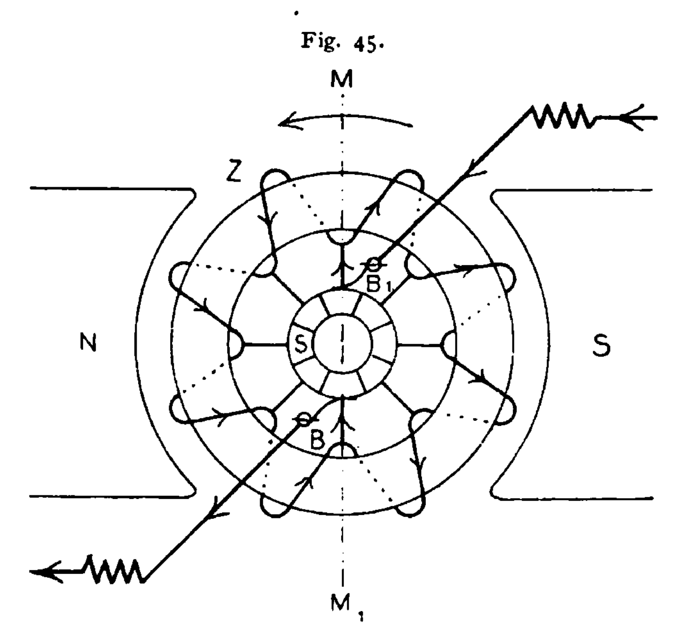
Schema einer Nebenschluß-Maschine.

ziert oder nur einen sehr geringen Teil, weil dort (siehe Fig. 44) an jeder Stelle, an der wir die Dichte der Kraftlinien untersuchen mögen, diese stets die gleiche oder aber nur sehr geringen Anderungen unterworfen ist. Wenn wir die früher besprochene und erläuterte Gedächtnisregel (siehe Fig. 43) anwenden, so finden wir (siehe Fig. 45), wenn uns der Pfeil die Rotationsrichtung des Ankers angibt, daß in dem Teil des Ankers, der dem Nordpol gegenübersteht, die Stromrichtung die entgegengesetzte ist wie in dem, der dem Südpol gegenübersteht. In der Linie MM_1 ist aber die Zone, wo diese beiden Ströme zusammentreffen, und in dieser Zone

haben die Bürsten B und B_1 am sogenannten Kollektor K zu schleifen. Figur 45 zeigt uns schematisch diese Verhältnisse eines Ringankers einer zweipoligen Dynamomaschine.

Die Windungen Z bilden eine fortlaufende Spirale, jede dieser Windungen (statt einer einzelnen Windung können auch mehrere Windungen, die man dann als Ankerspule bezeichnet, in Betracht kommen) ist mit je einem Kollektorsegment S in Verbindung, so daß der Anfang einer Spule mit dem

Fig. 45.



Stromrichtung im Anker einer Gleichstrom-Maschine.

Ende der nächsten durch das Kollektorsegment verbunden wird. Wir sehen aus der Zeichnung, daß in der mittleren Zone MM_1 sowohl aus der rechten wie aus der linken Ankerhälfte die induzierten Ströme durch die Abteilungsdrähte zum Kollektor, respektive vom Kollektor in die Wicklung zurückgehen. Bei der Bürste B vereinigen sich die beiden Zweigströme des Ankers, werden von ihr vereint aufgenommen, haben beide gleiche Richtung in dieser Leitung und werden durch die äußere Leitung von der + Bürste der Maschine zur — Bürste geführt. Diese — Bürste B_1 steht der Bürste B radial gegenüber und verteilt sich der Strom durch das Kollektorsegment

wieder auf die beiden Ankerhälften rechts und links. Es werden demnach durch die Bürsten mit Hilfe des Kollektors oder Kommutators die beiden einzelnen Stromteile des Ankers gleichgerichtet und parallel geschaltet.

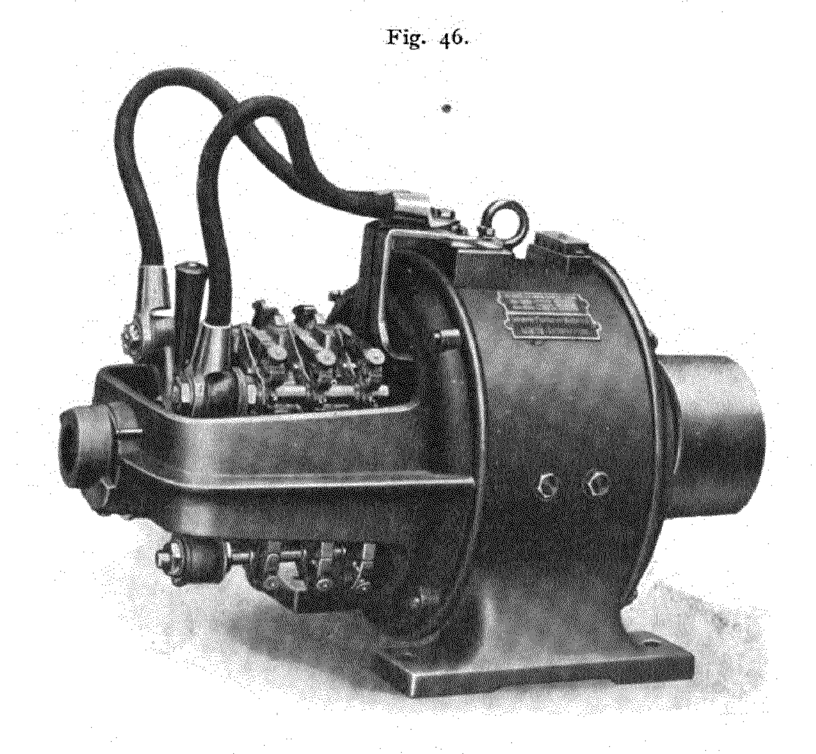
Es ist nun aber zur Erzeugung eines elektrischen Stromes in einer Dynamomaschine vor allem Bedingung, daß ein magnetisches Feld vorhanden ist; es muß, kurz gesagt, ein Magnet vorhanden sein, der stark genug ist, um die bei einer gewissen Touren- (Umdrehungs-) und Drahtzahl erforderliche EMK zu erzeugen. Bei älteren Maschinen verwendet man zu diesem Zweck starke Hufeisenmagnete, die aber die Maschine unnötigerweise groß machen, weshalb man besser zu Elektromagneten griff. Man erzeugt Elektromagneten in Dynamomaschinen dadurch, daß man die um das Magnetgestell gewickelten Erregerwindungen (Magnetspulen) entweder durch eine separate Stromquelle mit Strom versorgt (Maschinen mit Fremderregung), oder man benützt den von der Maschine selbst erzeugten Strom zur Erregung des nötigen Magnetismus (Selbsterregung). Es sind dreierlei Fälle möglich, den Maschinenstrom für die Felderregung nutzbar zu machen, immer aber muß die durch die Erregerwicklung (Magnetspulen) gehende Stromstärke, multipliziert mit der Anzahl der Windungen, aus denen die Magnetwicklung besteht, diejenige Amperwindungszahl ergeben, welche als magnetomotorische Kraft des magnetischen Stromkreises eine bestimmte Kraftlinienzahl N durch denselben zu treiben imstande ist.

Führt man den gesamten, von der Maschine erzeugten elektrischen Strom, bevor man ihn in den äußeren Stromkreis leitet, durch die Erregerwindungen der Magnete, so heißt man diese Maschine Hauptstrommaschine, man hat eben den ganzen Strom, den Hauptstrom, zum Erregen der Feldmagnete verwendet. Die gebräuchlichste und auch in der Elektroplattierung allein angewendete Maschine ist die Nebenschlußmaschine, siehe Figur 46. Erstere stellt eine zweipolige Type dar mit einer Leistung von 4 Volt 200 Amper. Je höher die Leistung dieser Maschinen in Amper sein soll, um so höher wird die Polzahl gewählt, da sonst die Laufflächen der Kollektoren allzu groß werden müßten. Man verwendet daher auch

für höhere Amperleistungen Maschinen mit 2 Kollektoren, die untereinander parallel geschaltet werden.

Die Nebenschluß-Dynamo hat ihren Namen daher, weil in dieser Maschine nur ein kleiner Teil des von ihr erzeugten Stromes zur Erregung der Feldmagnete benutzt wird, während der größere Teil von den Bürsten der Maschine direkt an den Hauptstromkreis der Maschine abgegeben wird.

Fig. 46.



Niederspannungs-Dynamo der Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G.

Der Stromkreis der Feldmagnete ist also dem Hauptstromkreis parallel geschaltet, man sagt, er ist im Nebenschluß. Wird außer dieser Nebenschlußwicklung noch der gesamte Hauptstrom in einigen wenigen Windungen um die Feldmagnete geführt, so entsteht die Compoundmaschine; wir haben dann zweierlei Magnetwicklungen, eine Hauptstrom- und eine Nebenschlußwicklung, die sich in ihren magnetomotorischen Wirkungen unterstützen. Im nachfolgenden

sollen doch nur mehr die Nebenschlußmaschinen besprochen, deren Wirkungsweise aber ausführlich erklärt werden.

Für den Betrieb einer Nebenschlußmaschine ist vor allem ein gewisser Magnetismus vorausgesetzt, der der Maschine immer bleibt, wenn das Eisen des Magnetgestelles einmal magnetisiert worden ist. Bei der Erzeugung der Dynamomaschinen ist dieser Magnetismus durch Fremderregung einer Maschine zu schaffen und heißt der remanente Magnetismus. Dadurch ist stets, auch wenn kein Strom durch die Magnetwicklung fließt, ein magnetisches Feld vorhanden, welches genügt, um in Gemeinschaft mit den rotierenden Ankerdrähten durch die elektromagnetische Wechselwirkung im Anker einen Strom von geringer EMK hervorzurufen. Sobald aber dieser vorhanden ist, fließt auch ein Teil des elektrischen Stromes durch die Magnetwicklung, wodurch das magnetische Feld verstärkt und damit auch die EMK der Maschine größer wird; so vermehrt sich die EMK der Maschine sehr rasch bis zu ihrem Maximum, das durch die magnetische Sättigung des Magnetgestelleisens bestimmt ist. Schon bei den elektromagnetischen Wechselwirkungen haben wir die Formel aufgestellt:

$$E = N \times v \times l \times \sin \alpha \times 10^{-8} \text{ V},$$

das heißt die EMK einer Maschine ist proportonal der Kraftlinienzahl N, proportional der sekundlichen Geschwindigkeit v, mit welcher die Ankerdrähte die Kraftlinien schneiden, proportional der Gesamtlänge m der Ankerdrähte und dem Sinus des Schnittwinkels. Bei den Dynamomaschinen ist α durchweg rund als 90° anzunehmen, wenn auch die Ankerdrähte nicht ganz parallel zur Rotationsachse am Anker angebracht sind; dies hat andere konstruktive Ursachen. Die Geschwindigkeit v der Ankerdrähte läßt sich bei den Dynamomaschinen aus der Zahl der Umdrehungen des Ankers berechnen. Ist die Umdrehungszahl per Minute n, so ist die sekundliche Tourenzahl

$$n_1 = \frac{n}{60}.$$

Wir können auch sagen, die EMK einer Dynamomaschine ist proportional der Tourenzahl. Setzen wir in die Gleichung für die EMK einer Dynamomaschine den Wert für v ein,

berücksichtigen wir ferner, daß der Schnittwinkel als 90^0 angenommen wird, so erhalten wir als Gleichung für die EMK einer Dynamomaschine:

$$E = \frac{N \times z \times n}{60} \times 10^{-8} V,$$

z bedeutet darin die Anzahl der Drähte, welche am Ankerumfang liegen. Die EMK ist, wie wir dies in ähnlicher Weise bereits bei den galvanischen Elementen gesehen haben, in dieser Größe E nur dann erhältlich, wenn die Maschine unbelastet ist, wenn ihr also kein Strom entnommen wird. Sobald wir der Maschine einen Strom J dadurch entnehmen, daß wir ihre Pole mit einem äußeren Widerstand w_a in Verbindung setzen, so tritt durch diese Stromstärke J beim Durchfließen der Ankerwicklung ein Spannungsabfall ξ ein. Es ist außerdem zu bemerken, daß bei Nebenschlußmaschinen der für die Erregung der Feldmagnete nötige Strom i_1 ebenfalls einen Spannungsverlust, wir wollen ihn ξ_1 nennen, verursacht. Ist R_1 der Widerstand der Ankerwicklung, so ist die EMK der Maschine, wenn bei der Stromentnahme von J Amper für den äußeren Stromkreis eine Klemmenspannung e vorhanden ist,

$$E = e + J R_1 + i_1 R_1 = e + R_1 (J + i_1).$$

Die Spannungsverluste $\xi = J \times R_1$ und $\xi_1 = i_1 \times R_1$ bilden im Verein mit den entsprechenden Stromstärken J und i_1 Wattverluste $\xi \times J$ und $\xi_1 \times i_1$, die sich in Wärme umsetzen. Es erwärmen sich die Ankerdrähte dadurch, gleichzeitig vergrößert sich der Ankerwiderstand. Gute Dynamomaschinen sind stets so berechnet, daß der durch die eben angeführten Verluste erzeugten Wärmemenge genügend Ausstrahlungsoberfläche geboten wird. Der Anker wird eben schon so dimensioniert, daß auf je 1 Watt Verlust 3 bis 5 qcm Abkühlungsoberfläche entfallen. Außer diesen Verlusten (»Kupferverluste« genannt) sind aber noch die Verluste durch Ummagnetisierung des Ankerbleches, die sogenannten Hysteresisverluste und Verluste durch Wirbelströme im Eisen zu berücksichtigen, die durch die sogenannte Steinmetzsche Formel ebenfalls in Watt ausgedrückt werden können. Da aber die letztgenannten Verluste um so größer werden, je höher die Tourenzahl ist, so sehen wir, daß man

tunlichst die Tourenzahl beibehalten muß, für die die Maschine berechnet ist. Belasten wir eine Maschine über die normale Leistung, entnehmen ihr also eine größere Stromstärke, so wird dadurch der Spannungsabfall in der Maschine, mithin auch der Kupferverlust größer werden. Die Ankerdrähte werden sich stärker erwärmen, wodurch auch der Ankerwiderstand und damit abermals der Spannungsverlust größer wird, bis endlich die Maschine einen stationären Zustand erreicht hat; sie wird schließlich warm, ja sogar sehr heiß werden, arbeitet dabei unrationell und läuft außerdem Gefahr, durch diese übermäßige Erwärmung Schaden zu leiden. Mit dem Sinken der Klemmenspannung e der Maschine durch die größere Belastung wird auch die Stromstärke, welche durch die Wicklung der Feldmagnete geht, sinken, denn je kleiner die EMK in einem Stromkreis bei gleichbleibendem Widerstand desselben ist, desto geringer wird nach dem Ohmschen Gesetz auch die Stromstärke sein, welche durch den Stromkreis getrieben wird. Sobald wir aber die Maschine stärker beanspruchen und dadurch die Klemmenspannung herabdrücken, wird auch die Stromstärke i_1 in den Feldmagneten sinken, was aber zur Folge hat, daß das Produkt Magnetwindungszahl $\times$ erregende Stromstärke kleiner wird, es durchsetzen weniger Kraftlinien den magnetischen Stromkreis, da die magnetomotorische Kraft kleiner geworden ist. Infolgedessen sinkt die Klemmenspannung der Maschine aufs neue, da ja einer der Faktoren, von denen die Höhe der Maschinenspannung abhängt, reduziert worden ist.

Die Maschinen, welche für Elektroplattierung Verwendung finden, müssen daher stets so berechnet sein, daß bei maximaler, der Maschine zu entnehmender Stromstärke noch diejenige Klemmenspannung vorhanden ist, welche die Leistungsdaten angeben. Selbstredend wird bei einer guten Maschine vorausgesetzt, daß sie sich dabei nicht übermäßig erwärme und den Strom funkenlos abgebe. Ist z. B. eine Maschine angegeben mit der Leistung 1000 A und 4 V bei 1000 Touren, so heißt dies, bei 1000 Umdrehungen in der Minute ist der Maschine ein Strom von 1000 A zu entnehmen und beträgt dabei die Klemmenspannung der Maschine gerade 4 V.

Wird der Maschine ein größerer Strom als 1000 A entnommen, so sinkt die Klemmenspannung unter 4 V und man müßte die Maschine rascher laufen lassen, um wieder die frühere Klemmenspannung von 4 V zu erhalten. Nach früher Gesagtem ist das aber nicht angängig, da sich dadurch die Eisenverluste der Maschine sowohl wie die Kupferverluste vermehren, die Maschine unverhältnismäßig mehr Kraft bedarf, also unrationell arbeitet, sich übermäßig erwärmt und betriebsunfähig werden kann. Kleine Tourenänderungen von 5 bis 10% über die Normale sind jedoch der Maschine noch nicht gefährlich und beeinträchtigen auch noch nicht merklich ihren Wirkungsgrad.

Wenn wir durch mechanische Kraft in den Dynamomaschinen elektrische Ströme erzeugen, so wird nicht, wie dies nach der theoretischen Beziehung zwischen diesen beiden Energieformen stattfinden müßte, für je eine der Maschine zugeführte mechanische Pferdestärke eine elektrische Energie von 736 Watt erzeugt, sondern je nach der Größe und Güte der Maschine nur 60 bis 90% dieses Betrages. Bei ganz kleinen Maschinen ist dieser so nützlich abgegebene Effekt mitunter noch geringer, und das Maximum des nützlichen Effektes, das bei ganz großen Maschinen zu erhalten, überschreitet nie den Wert von 93 bis 94%. Das Verhältnis der erzeugten elektrischen Energie zur aufgewandten mechanischen, beide in demselben Einheitsmaß, entweder beide in Watt oder beide in Pferdestärken ausgedrückt, nennt man den Wirkungsgrad γ der Maschine.

Ist e die Klemmenspannung einer Maschine bei einer Stromleistung von J Amper, so ist der Wirkungsgrad der Maschine, wenn hierzu P mechanische Pferdestärken aufgewendet werden müssen,

$$\gamma = \frac{\frac{e \times J}{736}}{P}$$

Der Wirkungsgrad einer Maschine ist übrigens abhängig von der Beanspruchung derselben. Am größten ist der Wirkungsgrad bei guten Maschinen bei der normalen, bei jeder Maschine anzugebenden Leistung.

Sinkt diese oder wird sie durch Unwissenheit größer genommen, so sinkt der Wirkungsgrad sehr rasch. Es ist daher

ratsam, die Maschine immer voll, nie aber zu hoch zu belasten. Es liefere eine Maschine bei 1000 Touren (n = 1000) einen Strom J von 1000 A bei einer Klemmenspannung e = 4 V. Braucht diese Maschine zum Betriebe etwa eine mechanische Energie von 7,5 PS, dann ist der Wirkungsgrad der Maschine

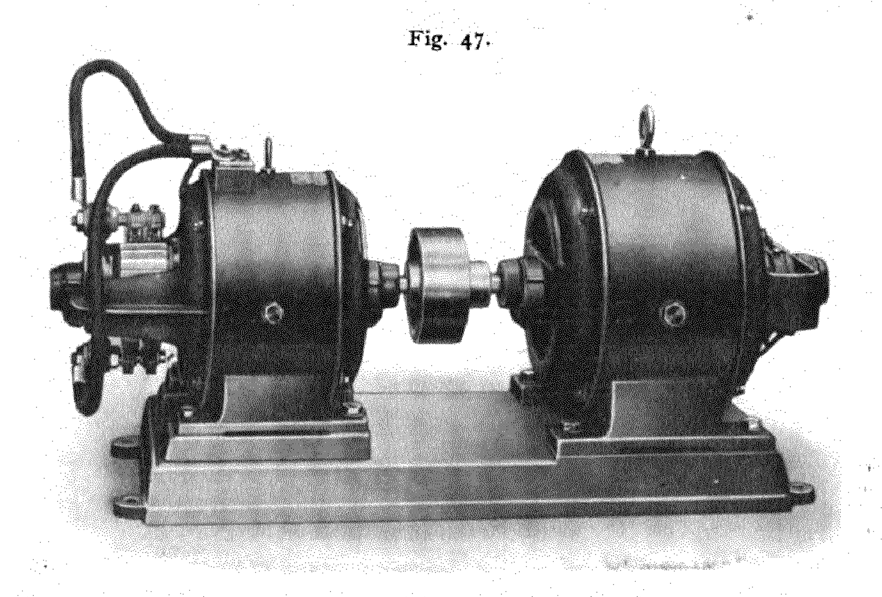
$$\gamma = \frac{\frac{1000 \times 4}{736}}{7{,}5} = 0{,}725,$$

das heißt der Nutzeffekt ist 72,5%, es werden 72,5% von der angewendeten mechanischen Energie in nützlich abgegebene elektrische Energie umgewandelt. Die übrigen 27,5% gehen durch Reibung, Strom- und Hysteresisverluste (Verluste durch Ummagnetisierung) in Wärme über. Wird eine Dynamomaschine von der Transmission aus durch Riemen angetrieben, so entsteht dadurch außerdem ein Verlust von 2 bis 4%, der für den Betrieb der Dynamomaschine nötigen mechanischen Energie. Es ist daher zweckmäßig, die Übertragung der mechanischen Energie auf die Riemenscheibe der Dynamomaschine durch Riemen tunlichst zu vermeiden, und man verwendet daher, wo dies nur möglich ist, zum Antrieb der Dynamomaschine besondere Elektromotoren, denen aus einer elektrischen Leitung, die an das Netz einer größeren Zentrale angeschlossen ist, elektrischer Strom zugeführt wird, wodurch die Motoren in Bewegung gesetzt werden. Es findet bei den Elektromotoren die umgekehrte Wirkung statt wie bei den Dynamomaschinen, die, zum Unterschiede von den Motoren, Generatoren genannt werden. Die Wirkung der Motoren beruht auf denselben Prinzipien wie die Generatoren, welche bereits im Kapitel über die elektromagnetischen Wechselwirkungen behandelt worden sind.

Werden Elektromotoren zum Antrieb der Dynamomaschinen benützt, so vereinigt man Generator und Motor am vorteilhaftesten direkt miteinander in der Weise, daß man die beiden Maschinenwellen unmittelbar verbindet (verflanscht), wodurch eine Riemenübertragung wegfällt und Energieverlust vermieden wird. Will man ein solches System, das man »Aggregat« oder Umformer nennt, siehe Figur 47, in Bewegung setzen, so muß man den Strom sukzessive in die Ankerwicklung des Motors einleiten, vorher aber das magnetische Feld des Motors

erregt haben. Beide Aufgaben sind durch die Anlaßwiderstände erfüllt, die vor die Anker der Motoren geschaltet sind und, aus Drahtspiralen bestehend, die Spannung des Stromes nach und nach auf den Betrag der Netz- oder Betriebsspannung bringen. Würde man plötzlich, also ohne Anlaßwiderstand den Elektromotor an die Netzleitung schalten, so könnte der Fall eintreten, daß die Isolierung der Ankerdrähte infolge des hohen, durch Induktion entstehenden Induktionsstromes durchgeschlagen, die Maschine dadurch unbrauchbar und reparaturbedürftig würde.

Fig. 47.



Gleichstrom-Aggregat der Langbein-Pfanhauser Werke, A.-G.

Man verwendet in der Elektroplattierung, falls nicht besonders großer Fabrikbetrieb vorherrscht, Maschinen mit einer Klemmenspannung von 1,5 bis 5 V. Maschinen, wie sie zur Erzeugung des elektrischen Lichtes gebraucht werden, sind in der Elektroplattierung nicht verwendbar, da deren Klemmenspannung gewöhnlich 65, 110 oder 220 Volt beträgt; es müßte die hohe Klemmenspannung durch große Drahtwiderstände erst auf kleine Spannung gebracht werden, was aber sehr unrationell wäre, da dann der nützliche elektrische Effekt nur etwa 5 bis 6 % des mechanisch aufgewendeten betragen würde. Die für Elektroplattierung notwendigen Maschinen

haben für gewöhnlich große Stromstärken bei kleiner Klemmenspannung zu liefern, während für elektrische Beleuchtung große Spannungen bei verhältnismäßig kleinen Stromstärken verlangt werden. Für kleinere Leistungen werden von den Langbein-Pfanhauser-Werken, A.-G. in Leipzig und Wien, sogenannte »Einanker-Umformer« gebaut, welche aber später beschrieben werden sollen.

Regulierung der Klemmenspannung bei Dynamomaschinen. Wir haben gesehen, daß mit zunehmender Belastung eines Generators seine Klemmenspannung sinkt. Es ist in der Elektroplattierung vor allem aber notwendig, eine konstante Klemmen- oder Netzspannung zu bekommen, wie sich auch die Stromentnahme gestalten möge.

Für den Fall, daß wir stets die normale Belastungsstromstärke J entnehmen, für welche die Maschine gebaut ist, wäre auch die Klemmenspannung immer dieselbe. Da sich aber bei dem Betrieb einer Elektroplattieranstalt nie vermeiden läßt, daß bald große, bald kleine Stromstärken der Maschine entnommen werden müssen, so ist die Anbringung einer Reguliervorrichtung unumgänglich notwendig, die die Klemmenspannung der Maschine bei jeder beliebigen Stromstärke konstant erhält. Dieser Regulierapparat wird uns durch den Nebenschlußregulator dargestellt. Der Nebenschlußregulator ist ein aus einzelnen Drahtspiralen hergestellter künstlicher Widerstand, der in die Nebenschlußwicklung der Maschine eingeschaltet wird. Ist die Spannung durch geringere Stromentnahme als die normale über die normale Klemmenspannung gestiegen, so führt man die ursprüngliche Klemmenspannung, das heißt diejenige, welche man bei der normalen Belastung haben würde, dadurch wieder herbei, daß man die Stromstärke im Nebenschluß verringert. Dies geschieht durch Vergrößerung des Widerstandes des Nebenschlußstromkreises, indem man eine oder mehrere Spiralen des Nebenschlußregulators einschaltet, was in einfacher Weise durch Drehen eines Kontakthebels erreicht werden kann. Hat man so den ganzen Widerstand des Nebenschlußstromkreises derart vergrößert, daß die höhere Spannung doch nur diejenige Stromstärke durch die Magnetwicklung schicken kann, welche der Erzeugung der normalen Klemmenspannung entspricht,

so ist der verlangte Zweck erreicht. Hat man nun aber so mehrere Spiralen des Nebenschlußregulators eingeschaltet und wird eine höhere Stromstärke entnommen, so muß man wieder entsprechend viel Spiralen abschalten, man verringert dann den Widerstand des Nebenschlußstromkreises, wodurch auch wieder eine höhere Stromstärke durch diesen Stromkreis fließt. Durch entsprechende Regulierung kann dann die Spannung wieder leicht auf den gewünschten Betrag gebracht werden. Durch Vergrößerung der Erregerstromstärke wird also die Klemmenspannung der Maschine erhöht, im umgekehrten Fall herabgedrückt. Zu bemerken ist jedoch, um Enttäuschungen vorzubeugen, daß Klemmenspannungen, die höher sind als die normale Betriebsspannung, durch den Nebenschlußregulator allein nicht erreicht werden können; die Maschine müßte dann schon für erhöhte Spannungen berechnet sein, bei welchen die Magnetwicklung reicher dimensioniert sein muß, als es die normalen Betriebsverhältnisse erfordern würden. Es ist in diesem Fall bei normalem Betrieb stets ein Ballastwiderstand in den Nebenschlußstromkreis eingeschaltet. Schaltet man diesen aus oder verringert ihn, so wird dadurch die Spannung der Maschine über den normalen Betrag gesteigert.

Oft wird von Niederspannungsmaschinen verlangt, daß man bei gleichbleibender Belastung in Amperes die Klemmenspannung bedeutend reduzieren könne, ohne daß dabei die Maschine funkt oder gar die Spannung verliert. Dies ist aber, wenn eine einigermaßen bedeutende Verminderung an Klemmenspannung gewünscht wird, nur durch Einbau sogenannter »Wendepole« zwischen die gewöhnlichen Maschinenpole möglich, wodurch sich allerdings der Preis einer solchen Maschine nicht unbedeutend erhöht. Derartige Maschinen sind aber in bezug auf Funkenbildung ungemein unempfindlich und es werden solche Dynamos von den Langbein-Pfanhauser Werken, Leipzig-Wien, in allen Größen gebaut.

Auch bei Motoren werden mitunter Nebenschlußregulatoren verwendet und haben dann nur den Zweck, die Tourenzahl innerhalb bestimmter, nicht zu großer Grenzen zu variieren. Soll letztere mittelst des Nebenschlußregulators vermindert

werden, so muß die Magnetwicklung schon entsprechend stärker dimensioniert sein, ähnlich wie wir dies bei den Generatoren kennen gelernt haben, wo es sich darum handelte, die Klemmenspannung über die normale Betriebsspannung zu steigern. Will man hingegen die Tourenzahl um geringes vermehren, so schwächt man mit Hilfe des Nebenschlußregulators sein magnetisches Feld.

Wahl des Aufstellungsortes für die Dynamomaschinen und Wartung der Maschinenanlage. Die Dynamomaschine ist die Triebfeder einer Elektroplattieranstalt, es ist daher deren Behandlung und Wartung besondere Sorgfalt zuzuwenden. Die nachfolgend angeführten Vorschriften sind so zusammengestellt, wie sie ein tadelloser Betrieb einer Anlage erforderlich macht.

Die Maschine soll womöglich von der übrigen Anlage, speziell aber von den Räumen für Schleiferei, Beizerei und Dekapierung abgesondert sein. Am besten bringt man die Maschinenanlage in einem abgeschlossenen Raum unter, der entweder in der Nähe des Bäderraumes oder im Bäderraum selbst sein kann, wenn man im letzteren Fall einen Teil desselben für die Maschinenanlage bestimmt und durch einen passenden Verschlag abschließt, aber so, daß man stets dazugelangen kann und auch Licht genug vorhanden ist, um alle Vorgänge an den Maschinen verfolgen zu können. Nicht unzweckmäßig ist es, die Dynamomaschine oder, wenn diese mit einem Elektromotor gekuppelt ist, das ganze Aggregat in einen verglasten Verschlag einzuschließen, falls die Trennung der anderen oben angeführten Räume von der Dynamomaschinenanlage nicht möglich ist. Man hält so Staub und Unreinlichkeit von der Maschine fern. Der Verschlag mit der Dynamomaschine kann dann entweder in einer Ecke des Bäderraumes oder in der Mitte der Bäderreihe aufgestellt werden; das ist Sache der installierenden Firma und richtet sich lediglich nach der Leitungsanlage.

Der Antrieb der Dynamomaschine erfolgt entweder durch Riemenübertragung von einer Transmission (man vermeide zu steile und kurze Riemenzüge) oder durch direkte Kupplung mit einer eigenen Kraftmaschine. In Städten, wo sich elektrische

Zentralen befinden, oder in größeren Fabriksanlagen, die ihre eigene elektrische Zentrale besitzen, verwendet man vorteilhaft die direkte Kupplung mit Elektromotoren, ein Aggregat, siehe Figur 47.

Wie schon einmal erwähnt, hat man dabei den Vorteil, die Verluste durch Riemenübertragung beseitigt zu haben und über die Kosten der Stromerzeugung sich leicht ein Bild zu machen, indem der von der betreffenden Zentrale zu liefernde Elektrizitätszähler (Wattstundenzähler) genau die vom Motor verbrauchten Wattstunden angibt. Man kann sich daraus, mit Hilfe des für jede Stadt festgesetzten Preises der Hektowattstunde (100 Wattstunden), leicht und schnell die Kosten berechnen, die die Stromerzeugung verursacht.

Außerdem erreicht man dadurch eine stets konstante Tourenzahl und vermeidet die lästigen Schwankungen der Klemmenspannung, die bei Antrieb durch Riemen von einer allgemeinen Transmission stets auftritt, wenn Belastungsänderungen der Hauptkraftmaschine entstehen.

In unmittelbarer Nähe der Dynamomaschine oder der ganzen elektrischen Anlage hat man die Hauptschalttafel anzubringen, auf welcher die für die Maschine, eventuell Motor- und Akkumulatorenbatterie nötigen Schalt-, Regulier- und Meßapparate angebracht sind. Derartige Schalttafeln werden zumeist aus Marmor, häufig auch aus Holz hergestellt.

Der Wärter der Maschinenanlage, der auch in der kleinsten Anlage mit Dynamomaschinenbetrieb nicht fehlen soll, hat dafür zu sorgen, daß der Voltmesser, mit welchem sowohl die Maschinenspannung wie auch die Netzspannung gemessen wird (mittelst Voltumschalters), stets den gewünschten Normalwert angibt. Bei zu hohen Werten, die dadurch entstehen, daß geringere Belastungen der Dynamomaschine ein Steigern der Klemmenspannung der Maschine bewirken, ist mittelst des Nebenschlußregulators die Klemmenspannung wieder auf den normalen Stand zu regulieren, im anderen Fall zu erhöhen. Der auf der Hauptschalttafel angebrachte Hauptstromampermesser, der die totale in den Bäderraum strömende Stromstärke anzeigt, darf niemals einen höheren Wert angeben als die maximale Stromstärke, für welche die Maschine gebaut

ist; bei guten Dynamomaschinen sind jedoch Überleistungen von 10 bis 15% für die Maschine noch gefahrlos.

Auf jeder Hauptschalttafel soll überdies ein Hauptausschalter und Bleisicherungen für die Dynamomaschine angebracht sein, wodurch die Maschinenanlage vor allzu großer Überlastung, wie etwa durch einen zufälligen Kurzschluß und der damit zusammenhängenden Gefährdung der Maschine geschützt wird.

Ist einmal eine Bleisicherung abgeschmolzen, so ist dadurch die Stromleitung unterbrochen, man setze an deren Stelle eine neue, stets vorrätig zu haltende Sicherung ein. Jeden Morgen und Mittag hat der Maschinenwärter den Hauptausschalter vor Ingangsetzung der Dynamomaschine einzulegen und am Schluß jeder Arbeitsperiode nach dem Abstellen der Maschine die Zuleitung zu den Bädern durch Auslegen des Ausschalterhebels zu unterbrechen.

Bei kleineren Anlagen kann man zwar von einigen Apparaten absehen, das heißt sie sind zur Ausübung der Arbeiten nicht unumgänglich notwendig; will man aber eine Kontrolle des angewandten Stromes haben, wie dies bei richtigem und rationellem Betrieb geboten ist, so sind diese Apparate unerläßlich und ein gebildeter Elektroplattierer wird damit kaufmännische und technische Vorteile erzielen.

Mit der Wartung der Maschinenanlage soll nur ein in die Verhältnisse der Dynamomaschinenkonstruktion eingeweihter und mit deren Wirkungsweise vertrauter Mann beauftragt werden, dem außer den genannten Obliegenheiten auch die Einhaltung der Betriebsvorschrift für Dynamomaschinen, die von jedem Lieferanten beigegeben werden soll, obliegt.

Von der Größe der Entfernung der Dynamomaschine vom Bäderraum ist die Dimensionierung der Leitung abhängig, wie dies in einem früheren Kapitel bereits dargetan wurde.

Zwecks Bestimmung der Leitungsanlage und deren Dimensionierung sind bei Projektierung einer Elektroplattieranstalt stets Skizzen der Räumlichkeiten vorzulegen und ist sorgfältig zu erwägen, wie und wo die Maschinenanlage untergebracht werden soll.

Es kann nicht oft genug darauf hingewiesen werden, daß die Anlage der Hauptleitung mit zu den wichtigsten Teilen der Anlage gehört und daß von ihrer richtigen und zweckmäßigen Ausführung der kaufmännische und technische Erfolg beeinträchtigt wird.

Parallelschaltung von Dynamomaschinen. Es wird nicht selten der Fall eintreten, daß eine bestehende Anlage durch Neuanschaffung einer zweiten oder weiteren Dynamomaschine vergrößert wird und diese neuen Maschinen, mit den alten vereint, auf ein und dasselbe Leitungsnetz arbeiten sollen. Zu diesem Zweck werden die Dynamomaschinen parallel geschaltet.

Vor allem ist nicht zu vergessen, nachzusehen oder nachzufragen, ob die von der ehemaligen Anlage herrührende Leitungsanlage noch ausreicht, was in den seltensten Fällen der Fall sein dürfte, da man ja zumeist nur die unumgänglich notwendigen, der Stromstärke entsprechenden Leitungsquerschnitte zur Anlage der Leitung wählen wird. Ist der Leitungsquerschnitt zu gering, so muß der neuen Anlage entsprechend die Leitung gänzlich umgestaltet werden oder die neuen Bäder mit der neu aufzustellenden Dynamomaschine durch eine separate, neue Leitung verbunden werden.

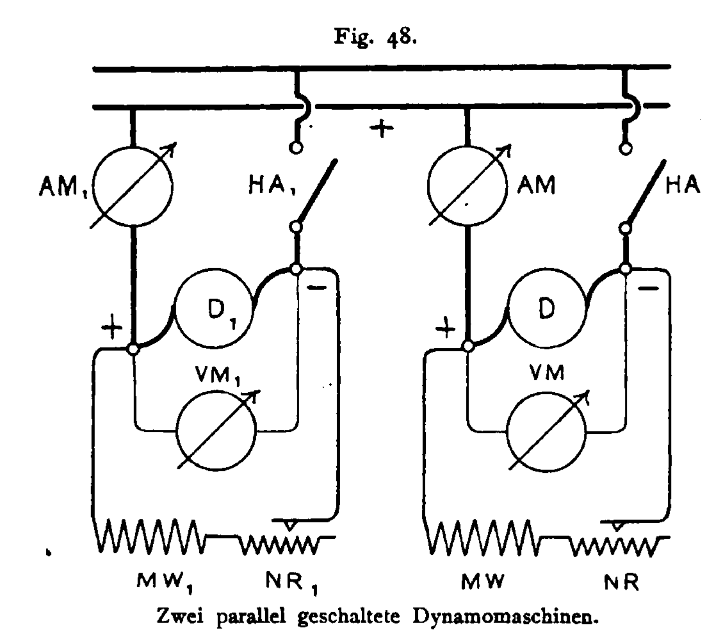
Ist also ein eigener Raum vorhanden, in welchem die Dynamomaschinenanlage untergebracht wird, so wird man zumeist die Leitungsanlage der größeren Stromleistung entsprechend umgestalten müssen; ist die Maschinenanlage jedoch überhaupt nicht zentralisiert, sollen vielmehr die neu aufgestellten Dynamomaschinen auf eine oder mehrere getrennte Bädergruppen oder Bäder arbeiten, so wird ja ohnedies eine neue Leitung erforderlich werden und somit das Bedürfnis einer Veränderung der alten Leitungsanlage wegfallen.

Für den Fall der Parallelschaltung mehrerer Maschinen auf ein gemeinsames Netz gilt folgendes Prinzip:

Die neue Dynamomaschine D_1 in Figur 48 wird mit ihrem + Pol an die + Leitung, mit ihrem — Pol an die — Leitung des Netzes geschaltet. Um nun den Betrieb mit der neuen Maschine D_1 in Gemeinschaft mit der alten Maschine D zu eröffnen, wird zuerst die eine von beiden, etwa D_1 in Betrieb gesetzt, wie dies bereits erklärt ist.

VM zeigt dann die erforderliche Betriebsspannung an. Nun erregt man die Maschine D_1, wobei der Ausschalter HA_1 offen sein muß, sonst würde von D nach D_1 Strom fließen, was einem Kurzschluß der Maschine D gleichkommt, und D_1 als Motor laufen, der seinen Strom von D bekommt. Ist die Erregung der Maschine D_1 so stark geworden, daß der Voltmesser VM_1 dieselbe Spannung zeigt wie VM, dann kann der Ausschalter HA_1 eingelegt werden. Es fließt aber jetzt noch

Fig. 48.



Zwei parallel geschaltete Dynamomaschinen.

kein Strom in das Netz von D_1 aus; dies wird erst dadurch erreicht, daß man die Maschine mit Hilfe des Nebenschlußregulators NR_1 weiter erregt, bis im Ampermeter AM_1 die auf die Dynamomaschine D_1 entfallende, an das Netz abzugebende Stromstärke angezeigt wird.

Aus dem Gesagten geht hervor, daß man bei der Parallelschaltung von Dynamomaschinen wohl ganz gut Maschinen mit verschiedener Amperleistung, niemals aber solche mit verschiedener Klemmenspannung verwenden kann.

Läßt sich der nach Aufstellung neuer Dynamomaschinen vergrößerte Betrieb derart gestalten, daß man Bäder hintereinander schaltet (siehe Kapitel: Anschluß der Bäder an die

Hauptleitung), dann wird man, falls die neuen Maschinen den gleichen inneren Widerstand des Ankers besitzen wie die alten, also für gleiche Stromstärke bei der gleichen Klemmenspannung gebaut sind, die Maschinen auch hintereinander schalten können. Dabei ist die alte Leitungsanlage beizubehalten, jedoch die Bäderanlage umzugestalten. Das Prinzip der Hintereinanderschaltung ist wohl durch Analogie mit der Hintereinanderschaltung von Elementen leicht selbst zu finden.

Die Akkumulatoren (Stromsammler).

Wie schon die Bezeichnung dieser Apparate erkennen läßt, handelt es sich bei den Akkumulatoren um eine Ansammlung, Aufspeicherung von elektrischer Energie. Es tritt öfters das Bedürfnis zutage, größere Mengen elektrischer Energie zur Verfügung zu haben, ohne dabei mechanische Kraftmaschinen zu betätigen, was namentlich für den nächtlichen Betrieb maßgebend ist, und man nicht einen an eine städtische Zentrale anschließbaren Umformer oder Aggregat zur Verfügung hat. Zu diesem Zweck werden in den Elektroplattieranlagen die Akkumulatoren verwendet. Die Akkumulatoren oder Sekundärelemente, wie sie auch genannt werden, speichern tagsüber durch Zuführung elektrischer Energie letztere auf, und man kann diese dann den Akkumulatoren nachts wieder entnehmen, wobei die Akkumulatoren wie galvanische Elemente mit guter Depolarisation wirken, auch ihre Schaltungsweise geschieht nach denselben Prinzipien wie jene der galvanischen Elemente.

Der Vorteil der Akkumulatoren gegen galvanische Elemente besteht darin, daß Akkumulatoren rationeller arbeiten als diese, weil kein Verbrauch an chemischen Substanzen auftritt, was bekanntlich bei galvanischen Elementen den hohen Preis der Stromlieferung verursacht.

Die Akkumulatoren werden durch Maschinenstrom geladen, speichern die ihnen zugeführte elektrische Energie auf und können sie zu beliebiger Zeit wieder abgeben.

Die in den Akkumulatoren sich vollziehende Aufspeicherung von elektrischer Energie geschieht aber nicht etwa so

wie das Laden einer Leidener Flasche, sondern es wird dabei ein Umweg eingeschlagen, und zwar über die chemische Energie. Pie Platten der Akkumulatoren werden durch den Strom chemisch verändert, ebenso wie die die Stromleitung zwischen den Platten übernehmende verdünnte Schwefelsäure.

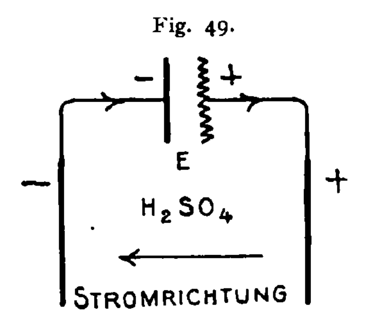
Man führt elektrische Energie zu, bewirkt dadurch eine chemische Reaktion, und sobald man wieder elektrische Energie entnehmen will, wird durch die sich nun umkehrenden Prozesse wieder elektrische Energie erzeugt.

Natürlich treten bei dieser Umwandlung Verluste auf, es wird nicht die ganze aufgebrauchte elektrische Energie bei der Stromentnahme wieder zurückgewonnen werden können.

Die Wirkungsweise der Blei-Akkumulatoren erklärt sich folgendermaßen:

Taucht man zwei Bleiplatten in verdünnte Schwefelsäure und verbindet sie mit den Polen einer Stromquelle, so nimmt die mit dem + Pol der Stromquelle verbundene Platte eine rotbraune, die mit dem — Pol derselben verbundene eine blaugraue Farbe an. Sehr bald nach Stromschluß tritt nebstbei an der +Platte die Entwicklung von Sauerstoffgas, an der — Platte die von Wasserstoffgas auf. Unterbricht man die Stromzufuhr und verbindet die beiden so veränderten Platten mit einem Galvanoskop, so zeigt die Nadel desselben einen Ausschlag an, der langsam zurückgeht, ein Zeichen dafür, daß ein Strom durch den Stromkreis floß, der nach und nach abnahm, bis er schließlich ganz aufhörte.

Fig. 49.



Verfasser ist allerdings gezwungen, etwas vorzugreifen, um die Erklärung dieser Erscheinungen schon hier geben zu können, obwohl sie eigentlich schon in das Gebiet der Elektrolyse gehören.

Sehen wir nach, wie sich der Vorgang, der sich dabei abspielt, erklären läßt.

Die beiden Platten in Figur 49 sind mit den Polen der Stromquelle E verbunden. Der die chemische Änderung der Platten und der verdünnten Schwefelsäure (H_2SO_4) ver-

ursachende Strom fließt von der + Platte durch die verdünnte Schwefelsäure zur — Platte, zersetzt dabei den Elektrolyten (H_2SO_4), und zwar wird an der + Platte SO_4 (Schwefelsäurerest), an der — Platte H_2 (Wasserstoff) ausgeschieden.

Der Wasserstoff reduziert das an der —-Platte etwa vorhandene PbO (Bleioxyd) zu metallischem, schwammförmigem Blei:

$$\underset{\text{Bleioxyd}}{PbO} + \underset{\text{Wasserstoff}}{H_2} = \underset{\text{Wasser}}{H_2O} + \underset{\text{Bleischwamm}}{Pb}$$

Dies ist also der Vorgang an der —-Platte.

An der + Platte reagiert der ausgeschiedene Schwefelsäurerest in seinem Entstehungszustande mit Blei unter Bildung von Bleidisulfat.[1])

$$\underset{\text{Blei}}{Pb} + \underset{\text{Schwefelsäurerest}}{2\,SO_4} = \underset{\text{Bleidisulfat}}{Pb\begin{matrix} SO_4 \\ SO_4 \end{matrix}}$$

Bleidisulfat ist aber, wie Elbs in seiner Theorie annimmt, in Wasser unbeständig und zersetzt sich nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Bleidisulfat}}{Pb\begin{matrix} SO_4 \\ SO_4 \end{matrix}} + \underset{\text{Wasser}}{\begin{matrix} H_2O \\ H_2O \end{matrix}} + \underset{\text{Bleisuperoxyd}}{PbO_2} + \underset{\text{Schwefelsäure}}{2\,H_2SO_4}$$

Es geht dieser Vorgang in diesem Fall nicht vollständig vor sich, es werden nebenbei auch Schwefelsäureionen entladen, die dann Wasser zersetzen und Sauerstoff abscheiden.

$$\underset{\text{Schwefelsäurerest}}{2\,SO_4} + \underset{\text{Wasser}}{2\,H_2O} = \underset{\text{Schwefelsäure}}{2\,H_2SO_4} + \underset{\text{gasförmiger Sauerstoff}}{O_2}$$

Ebenso entweicht auch an der — Platte gasförmiger Wasserstoff (H_2), sobald sämtliches vorhandene Bleioxyd zu Bleischwamm reduziert worden ist.

Wir haben nun nach Unterbrechung des Stromes die galvanische Kette:

+		—
PbO_2	H_2SO_4	Pb
Bleisuperoxyd	Schwefelsäure	Bleischwamm

Durch Verbindung der beiden Platten + und — erhalten wir den im Galvanoskop beobachteten elektrischen Strom, der

[1]) Nach Elbs.

im äußeren Stromkreis von der Bleisuperoxydplatte zur Bleiplatte fließt, im inneren der galvanischen Kette aber von der Bleiplatte zur Bleisuperoxydplatte und er dauert so lange, bis die an den beiden Platten veränderte Oberfläche wieder gleichartig geworden ist.

Das schwammförmige Blei an der — Platte verwandelt sich dabei wieder in Bleisulfat, das Bleisuperoxyd wird zu Bleioxyd reduziert, das mit der vorhandenen Schwefelsäure ebenfalls Bleisulfat bildet. Ist also die ganze Menge veränderter Substanz in Bleisulfat verwandelt, dann hört auch die Stromwirkung auf.

Dieser Vorgang ist demnach als Entladung des Akkumulators zu bezeichnen, während der erstere Prozeß als Ladung zu bezeichnen ist. Durch öftere Wiederholung des Lade- und Entladungsprozesses ist es dem Franzosen Planté gelungen, stärkere Schichten solcher aktiver Masse auf den Platten zu erzeugen, so daß die Entladung auf eine immer länger werdende Periode ausgedehnt werden konnte.

Die Bildung dieser Schichten von aktiver Masse an Akkumulatoren nach der Methode Plantés, von deren Stärke einzig und allein die Stromlieferungsfähigkeit, »Kapazität« eines Akkumulators abhängt, heißt Formierung der Platten und ist nach der Plantéschen Methode ein sehr langwieriger, teurer Prozeß. Da die so erzeugten Akkumulatorenplatten den großen Nachteil haben, daß sie nach kurzer Zeit wieder unbrauchbar werden, da die nur sehr locker auf der Platte sitzende aktive Masse abfällt, so versuchte man diese Herstellungsmethode von aktiver Masse zu umgehen. Der erste, der den neuen Weg einschlug, war der Franzose Faure, welcher von vornherein Bleioxyd auf beide Platten brachte und durch einmaliges Durchleiten des Stromes durch die Formierungszelle die Masse auf der + Platte zu Bleisuperoxyd, an der — Platte zu schwammigem Blei reduzierte.

In der letzten Zeit sind vielfach Verfahren zur Herstellung von aktiver Masse sowie neuere Träger der aktiven Masse patentiert worden, die alle den Zweck verfolgten, in möglichst kurzer Zeit die Formierung der Platte zu bewerkstelligen und das nutzlose Plattengewicht zu verringern.

In den käuflichen Akkumulatoren sind die Platten bereits formiert, man braucht bloß die einzelnen Platten zusammenzustellen, die verdünnte Schwefelsäure einzufüllen, und die Akkumulatoren sind zur Ladung bereit.

Wird aus einem geladenen Akkumulator Strom entnommen, der Akkumulator also entladen, so spielt sich folgender Vorgang ab (Fig. 50):

Fig. 50.

Pb — STROMRICHTUNG + PbO_2

SO_4 : H_2

$Pb + SO_4 = PbSO_4$ (Blei, Schwefelsäurerest, Bleisulfat)

$PbO_2 + H_2 = PbO + H_2O$ (Bleisuperoxyd, Wasserstoff, Bleioxyd, Wasser)

$PbO + H_2SO_4 = PbSO_4 + H_2O$ (Bleioxyd, Schwefelsäure, Bleisulfat, Wasser)

Die aktive Masse wird also in Bleisulfat verwandelt, wodurch Schwefelsäure gebunden wird, daher zeigt sich bei zunehmender Entladung eine Abnahme der Konzentration der Schwefelsäure.

Die zu dieser Umsetzung nötigen chemischen Substanzen werden durch den Strom selbst aus der verdünnten Schwefelsäure gebildet. Es entsteht stets an der Austrittsstelle des elektrischen Stromes aus einem Elektrolyten der elektropositive Bestandteil desselben (siehe Kapitel »Die Elektrolyse«), hier also der H_2 (Wasserstoff), an der Eintrittsstelle immer der elektropositive Bestandteil, hier also SO_4 (Schwefelsäurerest). Letzteres bildet mit dem dort vorhandenen Blei $PbSO_4$ (Bleisulfat) und der an der + Platte bei der Entladung entstehende H_2 (Wasserstoff) reduziert das PbO_2 (Bleisuperoxyd) zu PbO (Bleioxyd) nach oben angeführter Gleichung. PbO wird dann durch die vorhandene H_2SO_4 (Schwefelsäure) ebenfalls in $PbSO_4$ (Bleisulfat) verwandelt.

Ist einmal die ganze aktive Masse in $PbSO_4$ verwandelt, so hört die Stromwirkung auf und der Akkumulator muß wieder geladen werden.

Hierzu verbindet man die frühere + Platte mit dem + Pol der Stromquelle, die — Platte mit dem — Pol und läßt den Strom wieder auf die Zelle einwirken; es wird nun geladen.

Der elektrochemische Vorgang ist dabei folgender (Fig. 51):

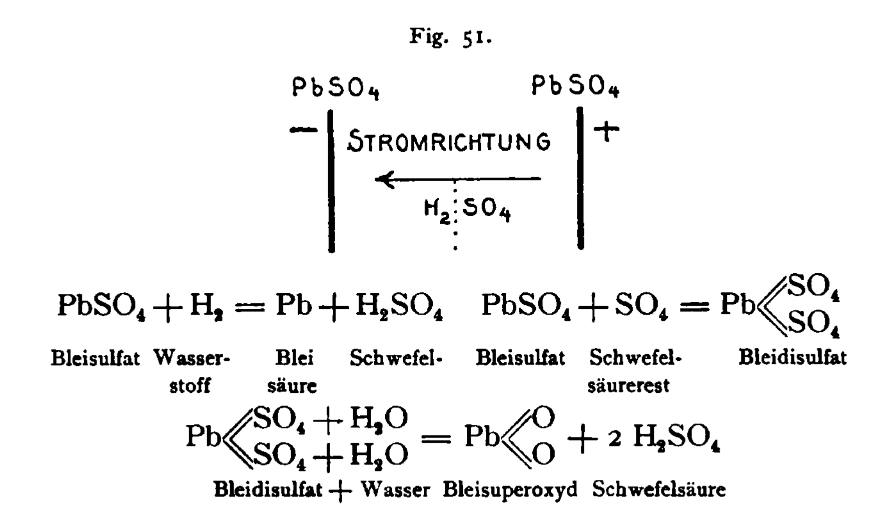


Fig. 51.

Es wird also die den Ladestrom leitende verdünnte Schwefelsäure zersetzt, wobei an der — Platte H_2 (Wasserstoff) abgeschieden (besser gesagt entladen) wird und so die nötige Energie besitzt, um aus Bleisulfat wieder schwammiges Blei zu bilden, wobei freie Schwefelsäure entsteht. An der + Platte entsteht wieder Bleidisulfat, das mit dem Lösungswasser die bekannte Reaktion eingeht, es bildet sich unter Freiwerden von Schwefelsäure Bleisuperoxyd.

So ist der Akkumulator wieder geladen. Führt man aber nach vollendeter Ladung noch weitere elektrische Energie zu, so wird nur noch die verdünnte Schwefelsäure zersetzt und es entwickelt sich an der + Platte O (Sauerstoff), an der — Platte H_2 (Wasserstoff), die in Form von Gasblasen entweichen.

Aus den eben besprochenen Vorgängen bei der Ladung ist es erklärlich, daß die bei der Entladung aufgebrauchte H_2SO_4 (Schwefelsäure) bei der Ladung wieder frei wird, die Lösung wird dabei reicher an Schwefelsäure, was durch ein zwischen die Platten eingetauchtes Aräometer konstatiert werden kann und als Kontrolle für die fortschreitende Ladung dient.

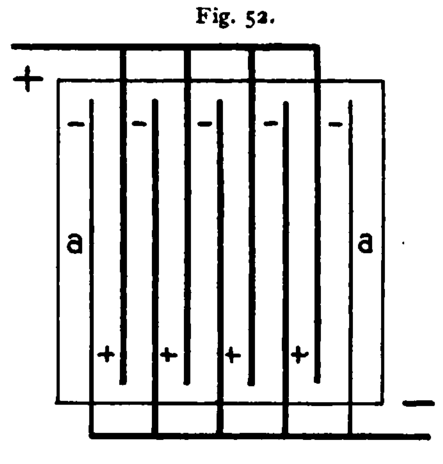
Leistung der Akkumulatoren. Zu einer Akkumulatorenzelle gehören zum mindesten zwei formierte, in verdünnte Schwefelsäure tauchende Platten. Die Leistungsfähigkeit einer Akkumulatorenzelle hängt bekanntlich von der totalen Menge der aktiven Substanz ab; ist einmal alles Bleisuperoxyd an der + Platte, ebenso alles schwammige Blei der — Platte in Bleisulfat verwandelt, so hört die Stromwirkung auf, der Akkumulator ist entladen. Will man einer Akkumulatorenzelle längere Zeit hindurch einen bestimmten starken Strom entnehmen, so verbindet man mehrere + Platten einer Zelle, ebenso mehrere — Platten derselben miteinander und erhält so eine größere Plattenoberfläche, eine größere Menge aktiver Maße, verringert dadurch den inneren Widerstand der Zelle und erhält durch lange Zeit hindurch einen kräftigen, andauernden Strom bestimmter Stärke; man spricht dann von einer größeren Kapazität, das ist eine größere Stromleistungsfähigkeit der Zelle. In Figur 52 und Figur 53 ist eine solche allgemein gebräuchliche Anordnung der Platten abgebildet. Die in Figur 52 schematisch gezeichnete Zelle besteht aus vier + Platten von gleicher Dicke und aus fünf — Platten, wovon drei gleich dick, die beiden äußeren jedoch, das sind die Platten a, schwächer gehalten sind. Die Leistung des Akkumulators ist abhängig von der Anzahl der Platten sowie von deren Belegung mit aktiver Masse und von der EMK der Zelle. Die EMK der gebräuchlichsten Blei-Akkumulatoren ist im Mittel 2 V, welche Dimensionen auch die Zelle haben mag. Anders verhält es sich mit der Klemmenspannung; entnehmen wir einer Zelle einen elektrischen Strom von J Amper, so entsteht infolge des inneren Widerstandes w_i ein Spannungsabfall $J \times w_i$, der die EMK E der Zelle vermindert. Es ist die Klemmenspannung

$$e = E - J \times w_i.$$

Nun beträgt der Widerstand der Akkumulatorenzelle je nach der Größe derselben nur 0,01 bis 0,001 Ω, woraus ersichtlich ist, daß auch bei großen Stromentnahmen die Klemmenspannung nicht viel von der EMK der Zelle abweicht. Man nimmt, ohne einen großen Fehler zu begehen, bei Berechnungen die Klemmenspannung einer Akkumulatorenzelle stets mit 1,9

bis 1,95 V an. Wollen wir jedoch den Akkumulator laden, so müssen wir dem inneren Widerstand w_i und der Ladestromstärke J_1 entsprechend eine größere Spannung e_1 als die EMK der Zelle anwenden, und zwar

Fig. 52.



Schematische Darstellung einer Akkumulatorzelle.

$$e_1 = E + J_1 \times w_i.$$

Die Stromleistung eines Akkumulators heißt seine Kapazität C und wird in Amperstunden (ASt) ausgedrückt; das ist das Produkt aus der Zeit t in Stunden und einer bestimmten Stromstärke J in Amper, welche während dieser Zeit einer Zelle entnommen werden kann.

Also $C = J \times t$.

Das Produkt $J \times t$ wächst mit abnehmender Entladestromstärke, das heißt die Akkumulatoren sind rationeller ausgenutzt, wenn man sie geringer beansprucht.

Zu große Überlastung schadet den Platten, da sie sich dadurch erwärmen, krümmen, wodurch die aktive Masse aus dem gitterförmigen Bleigerüst herausfällt.

Beispiel der Leistungsfähigkeit einer Akkumulatorenbatterie:

Wir hätten eine Akkumulatorenbatterie zur Verfügung, welche eine Kapazität von 1400 ASt besitzt, dies heißt, wir können der Batterie während 14 Stunden einen konstanten Strom von 100 A entnehmen. Haben wir in einer Elektroplattieranlage die Akkumulatorenbatterie tagsüber geladen und wird der Betrieb in der Anstalt um 6 Uhr abends unterbrochen, so leistet die Akkumulatorenbatterie bis 8 Uhr früh, also immerhin bis zur Wiedereröffnung des Tagbetriebes eine Stromstärke von 100 A. Die Batterie hat eben eine Kapazität von $14 \times 100 = 1400$ ASt.

Würden wir uns mit einer kleineren Entladestromstärke als 100 A, etwa mit 80 A begnügen, so würden wir

laut Angabe der Akkumulatorenfabriken die Entladung auf

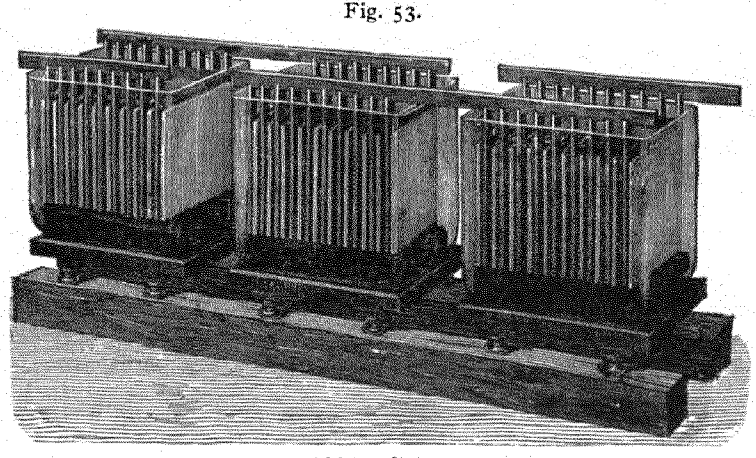
$$\frac{1600}{80} = 20 \text{ Stunden}$$

ausdehnen können, da nach Angabe dieser Fabriken die Kapazität bei 20stündiger Entladung auf 1600 ASt steigt. Die zur Ladung nötige Energie ist aber dabei dieselbe geblieben. Würden wir die Entladung in 6 Stunden bewerkstelligen wollen, dann würde die Kapazität etwa auf 1200 ASt sinken, die Entladestromstärke wäre dann

$$\frac{1200}{6} = 200 \text{ A}.$$

Zur angenäherten Schätzung der Leistungsfähigkeit einer Akkumulatorenbatterie dient der Satz: Die Kapazität C eines

Fig. 53.



Akkumulatoren.

Akkumulators in ASt erhält man, wenn man das Gewicht G der Bleiplatten in kg mit 4 multipliziert. Es ist also:

$$C = 4 \times G.$$

Beispiel: Eine Akkumulatorenbatterie habe ein gesamtes Plattengewicht G = 400 kg, es errechnet sich daraus die ungefähre Kapazität von

$$C = 4 \times 400 = 1600 \text{ ASt}.$$

Diese Zahlen sind hauptsächlich für solche Berechnungen gegeben, wo es sich darum handelt, für eine bestimmte ver-

langte Kapazität das Gewicht der Batterie zu berechnen, woraus man Schlüsse auf die Beanspruchung der Aufstellungsfläche ziehen kann, um darnach die Gestelle zu konstruieren. Das Gewicht ist:

$$G = \frac{C}{4} \text{ kg}.$$

Dieses so errechnete Gewicht G ist nur dann gültig, wenn wir eine Klemmenspannung von 2 V benötigen, also nicht Zellen hintereinander schalten. Erfordert der Betrieb eine Hintereinanderschaltung der Zellen oder Zellengruppen, so ist das Gewicht der Batterie dadurch erhältlich, daß man das Gewicht der parallel geschalteten Zellen mit der Anzahl der auf Spannung verbundenen Zellen oder Zellengruppen multipliziert. Beispiel: Wir brauchen für den Nachtbetrieb einer Elektroplattieranlage eine Kapazität von 1600 ASt bei einer Klemmenspannung von 4 V. Nach obiger Auseinandersetzung beträgt das Gewicht der Akkumulatorenbatterie $G_1 = 2 \times G$, wenn G das Gewicht sämtlicher parallel geschalteter Zellen ist. War dieses Gewicht

$$G = 1600 : 4 = 400 \text{ kg},$$

so ist das Gesamtgewicht der Batterie $G_1 = 2 \times 400 = 800$ kg.

Der Edison-Akkumulator. In den letzten Jahren hat sich Edison bemüht, einen leichteren Akkumulator zu konstruieren, und es ist ihm dies auch recht gut geglückt. Er verwendet an Stelle des schweren Bleies als Masseträger vernickelten Stahl und belegt die Platten mit Nickelsuperoxyd bzw. mit fein verteiltem Eisen, als Elektrolyt verwendet er Ätznatronlösungen. Leider ist die elektromotorische Kraft dieses Akkumulators nur 1,2 Volt, doch ist er außerordentlich unempfindlich gegen Überanstrengung beim Laden oder Entladen, selbst vorübergehendes Kurzschließen der Zellen kann keinen Schaden anrichten. Der Hauptvorteil dieses Akkumulators liegt aber in seiner Unempfindlichkeit gegen mechanische Beanspruchung, so daß er für transportable Zwecke die besten Dienste leisten kann.

Ladung und Entladung der Akkumulatoren. Die chemischen Vorgänge beim Laden und Entladen eines Akkumulators sind bereits erwähnt. Wir haben dabei gesehen, daß sich der Gehalt der Flüssigkeit an Schwefelsäure während

der Ladung und Entladung ändert, welche Änderung proportional der bereits zugeführten, respektive der bereits abgegebenen Strommenge verläuft. Kennt man die Grenzen dieser Konzentrationsänderungen bei der Ladung und Entladung, so kann man aus den jeweiligen Angaben eines zwischen den Platten eingesenkten Aräometers, das uns den Säuregehalt in Gewichtsprozenten oder in Graden Baumé angibt, auf den Stand der Ladung oder Entladung schließen. Füllt man, wie dies zumeist geschieht, die Zellen mit verdünnter Schwefelsäure von 19° Bé, das sind 1,147 spezifisches Gewicht oder 20,3 % Gehalt, so wird das Aräometer am Ende der Entladung 18° Bé zeigen, was einem Säuregehalt von 19,2 % entspricht. Das Ende der Ladung, das sich nebstbei durch starke Gasentwicklung bemerkbar macht, zeigt auch das Aräometer an, welches dann etwa 20° Bé = 21,8 % Säuregehalt angibt. Wollen wir einen Akkumulator laden oder entladen, so können wir mit den dabei angewendeten Stromstärken nicht bis ins unendliche gehen, sondern es sind gewisse durch die Plattenkonstruktion und durch diese Dimensionen der Zelle bestimmte maximale Stromstärken nie zu überschreiten; anders gesagt, wenn man die auf den qdm Plattenfläche entfallende Stromstärke, die sogenannte Stromdichte, in Berücksichtigung bringt, so darf eine gewisse Stromdichte nicht überschritten werden, da sonst sowohl die Haltbarkeit der Platten herabgedrückt wird wie auch größere Umwandlungsverluste auftreten. Nennt man das Verhältnis

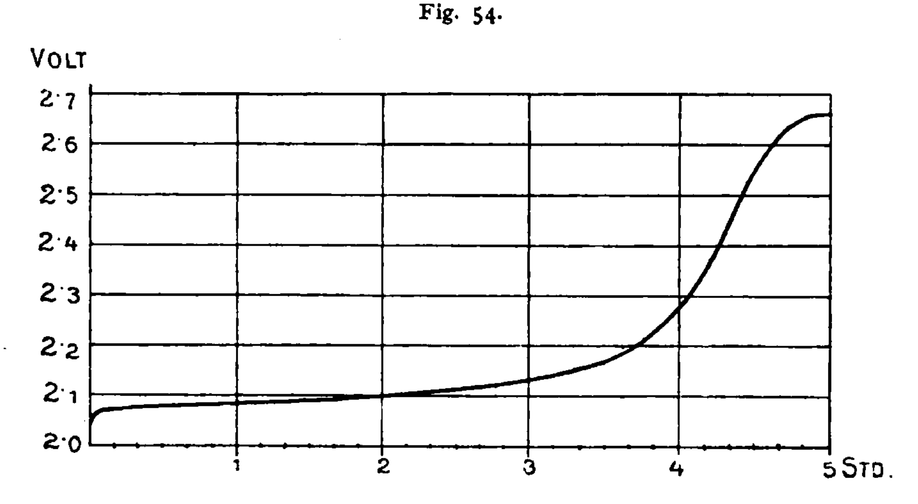
$$\frac{\text{angewandte Stromstärke}}{\text{Gesamtoberfläche in qdm der } + \text{-Platten}} = \text{Stromdichte},$$

so besteht das Gesetz: Die maximale Ladestromdichte beträgt 0,4 bis 0,6 A pro qdm, die maximale Entladestromdichte 0,3 bis 0,7 A. Es ist damit nicht gesagt, daß man mit keiner kleineren Stromdichte laden soll, dies ist immer zulässig, nur wird man wegen Zeitersparnis trachten, möglichst rasch die Ladung fertigzustellen, und auch bei der Entladung wird man, wenigstens im technischen Betrieb, mit kleinen Stromdichten nicht gerne rechnen, weil dann die Anlage unnötigerweise groß dimensioniert werden müßte.

Zu bemerken wäre noch, daß die Akkumulatorenfabriken zweierlei Zellen bauen, nämlich solche für kurze Entladungsdauer = 3,5 Stunden, und solche für lange Entladungsdauer = 10 Stunden. Selbstredend sind die letzteren für den Elektroplattierer günstiger, gerade dann, wenn die Akkumulatoren den Nachtbetrieb zu führen haben. Im Anschluß hieran sei die technische Ausführung des Ladens und Entladens erörtert.

Das Laden der Akkumulatoren geschieht in der Weise, daß man pro Zelle, sofern es sich um deren Hinter-

Fig. 54.

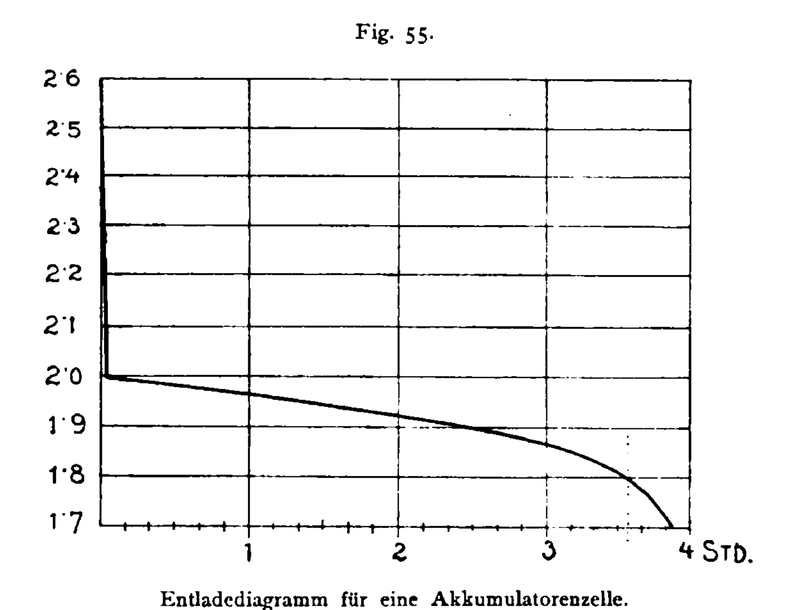


Ladediagramm für eine Akkumulatorenzelle.

einanderschaltung handelt, als Anfangsspannung 2 V gibt. Die Spannung steigert man dann ziemlich schnell auf 2,1, dann aber langsamer, wie das auf dem Ladediagramm in Figur 54 ersichtlich ist, auf 2,2 V. Setzt man die Ladung noch weiter fort, so beginnt an den Platten die Gasentwicklung, womit auch die Klemmenspannung rasch bis zu einem Maximum von 2,6 V steigt. Diese obere Ladungsgrenze von 2,6 V braucht aber nicht bei jeder Ladung erreicht zu werden, sondern nach Angabe der Fabriken am besten nur monatlich einmal oder dann, wenn die Akkumulatorenbatterie durch Unachtsamkeit oder einen Unfall über die erlaubte Grenze hinaus entladen wurde.

Die Entladung der Akkumulatoren erfolgt nach einem ähnlichen Diagramm, das uns Figur 55 zeigt. Bei Einhaltung der früher genannten Entladestromdichten beträgt die Anfangsspannung an den Klemmen einer einzelnen Zelle ungefähr 2 V und sinkt dann mit fortschreitender Entladung bis auf den Betrag von 1,85 V. Sobald der Wert von 1,8 V erreicht ist (man messe die EMK und nicht die Klemmenspannung), sinkt die EMK immer rascher; man soll aber immer

Fig. 55.



Entladediagramm für eine Akkumulatorenzelle.

verhüten, diese untere Grenze von 1,8 V für die EMK zu überschreiten, sondern höre dann mit der Entladung auf, um den Akkumulator vor Beschädigung zu schützen. Die in den beiden Diagrammen angegebenen Verhältnisse sind natürlich nicht zahlenmäßig auf alle Konstruktionen von Akkumulatorenzellen anzuwenden. Sie veranschaulichen bloß die Abhängigkeit der Spannung von der Zeit, denn je nachdem man die Lade- oder Entladezeit ändert, werden sich auch die Kurven der Diagramme ändern.

Zum Laden der Akkumulatoren werden besondere Dynamomaschinen verwendet, welche mit Hilfe eines besonderen Nebenschlußregulators (siehe »Regulierung der Klemmenspannung

bei den Dynamomaschinen«) gestatten, die Ladespannung in gewünschter Weise zu erhöhen. Zweckmäßig werden in Elektroplattieranstalten besondere Maschinen hierzu verwendet; man kann aber auch die Dynamomaschine dazu verwenden, welche den für die Elektroplattierbäder nötigen Strom liefert, diese muß aber dann mehr als doppelt so groß in ihrer Leistung bemessen sein, um beiden Aufgaben, nämlich Aufrechterhaltung des Tagesbetriebes und gleichzeitige Stromabgabe für den Ladeprozeß, gerecht zu werden.

Haben wir eine Akkumulatorenzelle während der Zeit t Stunden mit J Amper entladen, so muß die zur Ladung aufzuwendende Stromstärke, wenn die Entladezeit dieselbe, also t Stunden ist,

$$J_1 = 1{,}1 \times J$$

sein; wir müssen demnach um 10% mehr Strom zuführen, als wir der Zelle entnommen haben.

Laden wir etwa eine Akkumulatorenbatterie während 10 Stunden mit einer Stromstärke von 100 A, so haben wir

$$10 \times 100 = 1000 \text{ ASt}$$

zugeführt. Entnehmen wir aber bei der Entladung der Zelle wieder 100 A, so werden wir finden, daß sich schon nach 9 Stunden, nach früher besprochenen Anzeichen das Ende der zulässigen Entladung erkennen läßt. Wir konnten also bloß

$$9 \times 100 = 900 \text{ ASt}$$

der Batterie entnehmen.

Das Verhältnis der Anzahl abgegebener ASt zur Zahl der aufgeladenen heißt das Güteverhältnis, bezogen auf die Amperstundenleistung.

Bedeutet ASt_2 die bei der Entladung erhaltenen, abgegebenen Amperstunden, ASt_1 die bei der Ladung zugeführten Amperstunden, so ist das Güteverhältnis

$$G = \frac{ASt_2}{ASt_1}.$$

Will man den elektrischen Wirkungsgrad eines Akkumulators ermitteln, so muß man das Verhältnis der abgegebenen zur

zugeführten Energie in Wattstunden bilden, wozu man als den Wert für die Stromstärke die mittlere Lade- beziehungsweise Entladestromstärke annimmt und als Wert für die Spannung die mittlere Entladespannung von 1,9 Volt und für die Berechnung der bei der Ladung aufgebrauchten Energie die mittlere Ladespannung von 2,2 V.

Sind J und J_1 die Entlade- und Ladestromstärke, t und t_1 die entsprechenden Zeiten, so ist der elektrische Wirkungsgrad

$$\frac{J \times 1,9 \times t}{J_1 \times 2,2 \times t_1} = \gamma.$$

Beispiel: Es erfolge bei einer bestimmten Batterie die Ladung durch 171 A (im Mittel) in 9 Stunden, die mittlere Ladespannung ist 2,2 V. Die Entladung erfolge durch 14 Stunden mit einer mittleren Stromstärke von 100 A. Es sind dann die elektrischen Größen G und γ

$$G = \frac{100 \times 14}{171 \times 9} = 0,91,$$

hingegen

$$\gamma = \frac{100 \times 1,9 \times 14}{171 \times 2,2 \times 9} = 0,785.$$

Für die praktische Berechnung der Kosten des Akkumulatorenbetriebes kommt jedoch nur der Wert für γ in Betracht, man rechnet gewöhnlich, um gleichzeitig anderen Verlusten Rechnung zu tragen, nur mit $\gamma = 0,75$, das heißt man rechnet mit einem Energieverlust von 25 %, der durch die Energieumwandlungen in den Akkumulatoren entsteht.

Die Instandhaltung der Akkumulatoren. Unter diesem Titel will Verfasser dem mit Akkumulatoren arbeitenden Elektroplattierer die für den kontinuierlichen und rationellen Betrieb mit Akkumulatoren nötigen wichtigsten Vorschriften vorführen.

Vor allem ist die Ladung, der ja bereits ein besonderer Abschnitt gewidmet wurde, ein Hauptfaktor, der bei der Lebensdauer einer Akkumulatorenbatterie mitspielt. Es wurde zwar in neuerer Zeit der Vorschlag gemacht, die Akkumulatoren direkt mit größeren Stromstärken zu laden, wobei es sich gezeigt habe, daß die Kapazität durchaus nicht beeinträchtigt werde. Verfasser will aber weder die eine noch die

andere Lademethode allein empfehlen (sie sind jedenfalls beide gleich gut verwendbar!) und überläßt es ganz dem Vertrauen des Akkumulatorenbesitzers in die eine oder die andere Methode.

Es gibt aber noch eine Reihe weiterer Vorschriften, die jedermann, der auf den Betrieb mit einer Akkumulatorenbatterie angewiesen ist, zu beobachten hat, und zwar:

Die Akkumulatoren dürfen ungeladen nie länger als 24 Stunden stehen bleiben, sondern sollen womöglich gleich nach der Entladung von neuem geladen werden. Ist einmal eine Akkumulatorenbatterie aus irgendwelcher Ursache entladen geblieben, so hat man mehrere Überladungen nacheinander vorzunehmen, damit die ursprüngliche Kapazität wieder hergestellt werde.

Längeres Stehenlassen im geladenen Zustand ist den Akkumulatoren nicht schädlich, doch soll etwa alle 14 Tage eine neue Nachladung bis zur Gasentwicklung vorgenommen werden. Am günstigsten wird sich die Akkumulatorenbatterie bei normalem Betrieb verhalten, sie hält dann 10 bis 20 Jahre lang. Die meisten Fabriken leisten sogar schon eine mehrjährige Garantie für ihre Zellen und es ist zweckdienlich, die Akkumulatoren jährlich einmal nachsehen zu lassen, um etwaige Fehler sofort zur Reparatur zn bringen.

Die Zellen werden, wie schon erklärt, mit verdünnter Schwefelsäure von 1,114 spezifischem Gewicht oder 20° Bé gefüllt. Dieser Gehalt an Schwefelsäure ist stets einzuhalten und laut Angabe des Aräometers eventuell zu korrigieren. Die Säure soll 1 cm hoch über den Platten stehen; hat sich der Stand der Säure durch Verdunstung erniedrigt, so ist neue Säure bis zur erwähnten Höhe nachzugießen.

Was die Aufstellung der Zellen anbelangt, so gilt als erste Regel: Man stelle die Akkumulatorenzellen so nahe wie möglich an die ladende Dynamomaschine und den Bäderraum, halte sie jedoch von Maschine sowohl als von den Bädern abgeschlossen.

Man ventiliere dauernd den Akkumulatorenraum, da die durch die Gasblasen mit in die Luft gerissenen Säureteilchen alle metallischen Gegenstände angreifen, auch das entstehende

Gemisch von Wasserstoff und Sauerstoff (Knallgas) gefährlich werden könnte.

Die Verbindung der einzelnen Zellen untereinander oder mit den Drähten zu den Schalt- und Meßapparaten sowie mit der Leitung selbst geschieht am besten durch Verlötung. Klemmenverbindungen sind deswegen unzweckmäßig, weil leicht eine Oxydation des Metalles an der Kontaktstelle vorkommt, wodurch ein Übergangswiderstand geschaffen wird und sich dadurch die Stromentnahme verringert.

Vor Beendigung der Ladung sind die Zellen zu revidieren und ist nachzusehen, ob alle Zellen gleichförmig Gas entwickeln. Falls die eine oder die andere Zelle oder in einer Zelle ein einzelnes Plattenpaar keine Gasentwicklung zeigt, ist zu untersuchen, ob nicht irgend eine Verbindung zwischen denselben vorliegt, was dann sofort zu beheben ist. Verbindungen in den Zellen zwischen den Platten durch abgefallene Masse findet man leicht durch Durchleuchten der Zellen, sofern die Gefäße aus Glas hergestellt sind, oder auch durch Zwischenstreifen mit einem Glasstab.

Verfasser empfiehlt die Anlage eines Buches, in welchem die einzelnen Zellen registriert sind und sämtliche Erscheinungen und Beobachtungen bei der Ladung und Entladung verzeichnet werden. Im übrigen sei auf die von den Akkumulatorenfabriken jeder Lieferung beigegebene Betriebsvorschrift verwiesen.

Betrieb mit Akkumulatoren. Für gewöhnlich liegt den kombinierten Anlagen mit Dynamomaschine und Akkumulatoren die Absicht zugrunde, auch nachts den Betrieb aufrecht zu halten, ohne daß in dieser Zeit ein Bedienungspersonal notwendig wird.

Für kleinere Betriebe wird es unter Umständen angängig sein, dieselbe Maschine, welche tagsüber den Betrieb zu führen hat, gleichzeitig zum Laden der Akkumulatoren zu benützen.

Man kann dabei auf zwei Arten verfahren: Entweder, und das ist vorteilhafter, man schaltet beim Laden die Akkumulatoren sämtlich parallel und legt zwischen Dynamomaschine und die Akkumulatorenzellen einen Vorschaltwiderstand, mit

dessen Hilfe man die zum Laden der Akkumulatoren mit fortschreitender Ladung zu steigernde Spannung reguliert; oder aber, dies ist der kompliziertere Fall, man wählt die Dynamomaschine so, daß die Akkumulatorenzellen in zwei Gruppen hintereinander direkt geladen werden, und die Maschine muß dann für eine erhöhte Spannung gebaut sein. (Siehe Kapitel: Regulierung der Klemmenspannung bei Dynamomaschinen.) Der Steigerung der Spannung bei fortschreitender Ladung entsprechend, muß dann durch einen gemeinsamen Vorschaltwiderstand die gesamte Netzspannung für den Bäderraum auf der für den Betrieb vorgeschriebenen Höhe erhalten werden, was in den Wirkungskreis des Maschinenwärters fällt.

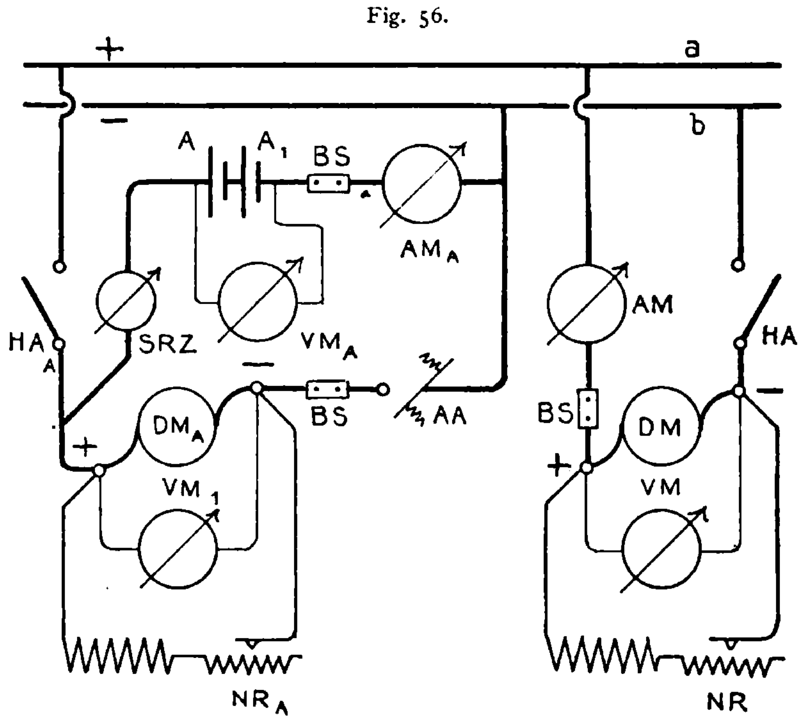
Bequemer und jedenfalls ökonomischer ist jedoch eine Anlage, bei welcher zum Laden der Akkumulatoren eine besondere Lademaschine vorhanden ist. In Städten, wo sich eine elektrische Zentrale befindet, ist außerdem der Nachtbetrieb auch sehr vorteilhaft dadurch erreichbar, daß man ein Aggregat aus Elektromotor und Dynamomaschine an das städtische Leitungsnetz anschließt und so sowohl Tag wie Nacht mit derselben Maschine mit Umgehung der Akkumulatoren arbeiten kann.

Im nachfolgenden soll ein Beispiel für eine Betriebsführung einer derartigen kombinierten Anlage gegeben, das heißt die Reihenfolge der Handgriffe angeführt werden, die der Maschinenwärter während der einzelnen Betriebsphasen auszuführen hat. Fig. 56 zeigt das Schaltungsschema sämtlicher (schematisch dargestellten) Nebenapparate, die zu diesem Betrieb unerläßlich sind.

A und A_1 sind zwei auf Spannung verbundene Akkumulatorzellen, welche die verlangte Kapazität besitzen und welche zusammen ungefähr eine Klemmenspannung von 3,9 V liefern. Die zum Laden der Akkumulatoren bestimmte Dynamomaschine DM_A ist eine Nebenschlußmaschine, NR_A der zur Regulierung der Ladespannung nötige Nebenschlußregulator. SRZ ist der Stromrichtungszeiger, welcher anzeigt, ob Strom aus den Akkumnlatoren in die Leitung fließt, oder Strom von der Ladedynamo in die Zellen strömt. VM_D ist der

Maschinenvoltmesser, der uns die jeweilige Maschinenspannung anzeigt, die bekanntlich mit fortschreitender Ladung gesteigert werden muß. Sind die Akkumulatoren nahe an der Lademaschine DM_A, so kann von diesem Voltmesser abgesehen werden. AA ist ein automatischer Ausschalter (Minimalausschalter), der den Zweck hat, den Stromkreis zu unterbrechen,

Fig. 56.



Schaltungsschema für eine kombinierte Anlage mit besonderer Ladedynamo.

sobald durch irgend ein Ereignis (etwa Maschine stromlos) Strom aus den Akkumulatoren in die Maschine fließen könnte. Gewöhnlich sind die Minimalausschalter so eingestellt, daß sie dann schon in Funktion treten, wenn der Strom einen gewissen unteren Wert erreicht. AM_A ist ein in die Akkumulatorenleitung eingeschalteter Ampermesser, der sowohl die Lade- wie Entladestromstärke in Amper anzeigt. (Man beachte immer die Angabe von SRZ.) HA_A ist ein einpoliger Handausschalter, welcher durch den Maschinenwärter einzulegen ist, wenn auf Nachtbetrieb geschaltet wird, das heißt, wenn

die Netzleitung ab an die Akkumulatoren angeschlossen werden soll. Die an der Dynamomaschine DM (welche für den Tagesbetrieb bestimmt ist) angebrachten Apparate sind von früher bekannt. BS sind Bleisicherungen für die beiden Maschinen und für die Akkumulatorenbatterie. ab ist die Netzleitung für die Bäderanlage.

Die Betriebsführung dieser kombinierten Anlage ist nun die folgende:

Der Maschinenwärter hat morgens die Akkumulatorenbatterie vor Eröffnung des Tagesbetriebes auszuschalten, indem er den Handausschalter HA_A öffnet; dadurch ist Stromabgabe in die Bäderleitung von der Akkumulatorenbatterie unterbrochen. Nun legt er den Handausschalter HA der Maschine DM ein und läßt diese Dynamomaschine anlaufen, reguliert hierzu mit dem Nebenschlußregulator dieser Maschine so lange, bis der Voltmesser VM die nötige Spannung anzeigt, die dann während des Tages konstant zu halten ist. Durch diese Manipulation ist der Tagesbetrieb mit der Maschine DM eröffnet, und es kann zum Nachladen der Akkumulatoren geschritten werden. Hierzu wird die Maschine DM_A in Bewegung gesetzt und erregt. Da die Leitung von der Akkumulatorenbatterie nach der Haupt- oder Netzleitung durch den Handausschalter HA_A unterbrochen ist, so kann von hier aus kein Strom in das Netz fließen. Die Zuführung des Ladestromes zu den Akkumulatoren geschieht dann durch Einlegen des automatischen Ausschalters, welcher so lange mit der Hand angehalten wird, bis durch die Erregung der Maschine DM_A letztere diejenige Ladestromstärke erzeugt, welche genügt, um den Eisenanker des automatischen Ausschalters festzuhalten. Die weitere Regulierung der Ladespannung ist bereits besprochen worden.

Wird der Antrieb der Dynamomaschine DM_A etwa durch einen Elektromotor bewirkt, so kann die Ladung auch während der Mittagspause fortgesetzt werden. Erfolgt hingegen der Antrieb von der Transmission, so wird in dem Augenblick, als die Transmission stillsteht, der automatische Ausschalter selbsttätig die Zuleitung zu den Akkumulatoren unterbrechen, damit ist auch die Ladung unterbrochen, und es

kann weder aus den Akkumulatoren ein Strom in die Bäderleitung noch zurück in die Lademaschine fließen[1]).

Bei Wiedereröffnung des Betriebes nach der Mittagspause wird der automatische Ausschalter in bekannter Weise wieder eingelegt, nachdem die Maschine vorher erregt worden ist. Es wird nun die Ladung der Akkumulatoren fortgesetzt, und zwar so lange, bis die an den Platten der Akkumulatoren auftretende starke Gasentwicklung das Ende der Ladung anzeigt.

Soll der Nachtbetrieb mit Akkumulatoren beginnen, so wird folgendermaßen manipuliert: Die Dynamomaschine DM_A wird abgestellt, der Nebenschlußregulator der Lademaschine DM_A ausgeschaltet, die Leitung von der Dynamomaschine DM zur Hauptleitung durch Ausschaltung des Handausschalters HA unterbrochen. Der automatische Ausschalter AA ist bereits aus den Kontakten gefallen. Der Anschluß der Akkumulatorenbatterie an die Hauptleitung erfolgt dann lediglich durch Einschalten des Handausschalters HA_A.

Damit beginnt der Nachtbetrieb, und SRZ zeigt auf Entladung. Am nächsten Morgen vollzieht sich dann wieder die gleiche, bereits besprochene Manipulation.

Man achte darauf, daß die durch den Ampermesser AM_A angezeigte Entladestromstärke nicht diejenige überschreitet, welche für die Dauer des Nachtbetriebes gerade ausreicht. (Siehe Kapazität der Akkumulatoren bei verschiedenen Entladestromstärken im Kapitel „Leistung der Akkumulatoren“.)

Für größere Anlagen, bei denen große Akkumulatorenbatterien vorgesehen werden müssen, ladet man die Akkumulatoren in der Weise, daß man für die Ladung eine Anzahl von Zellengruppen hintereinander schaltet und bei der Entladung in der Weise durch geeignete Schaltapparate verbindet (Reihenschalter), daß die erforderliche Klemmenspannung erzielt wird. Man hat dabei den Vorteil, daß man zur Ladung der Batterie Maschinen mit höherer Spannung

---

[1]) Man kann auch anstatt des automatischen Ausschalters einen (billigeren) Handausschalter anwenden, muß aber dann stets vor Unterbrechung des Betriebes (Ladens) die Zuleitung zu den Akkumulatoren ausschalten. Immerhin ist aber die Ausstattung mit dem Minimalausschalter vorteilhafter, weil auch gegen zufällige Störungen darin eine Sicherheitsmaßregel gegeben ist.

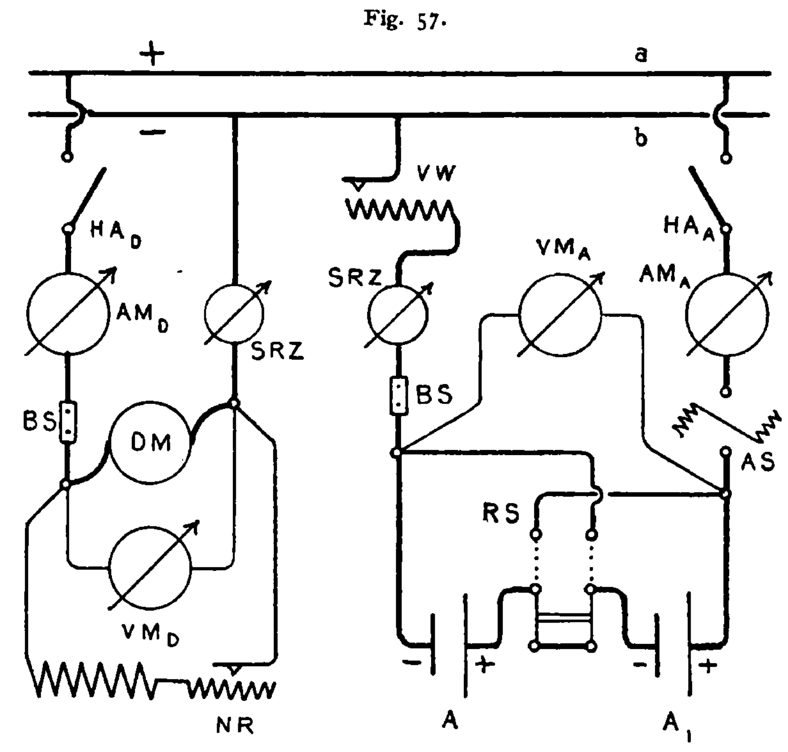
verwenden kann, welche stets ökonomischer arbeiten als Maschinen mit kleiner Klemmenspannung und auch die Leitungsanlage etwas billiger wird.

Auch Ströme von Stadtzentralen oder von eigenen Licht- und Kraftzentralen können zum Laden von Akkumulatoren gebraucht werden, falls es sich um größere Kapazitäten handelt. In diesem Fall werden die Akkumulatoren hintereinander geladen und behufs Entladung durch einen Reihenschalter parallel geschaltet.

Es kann auch der Fall eintreten, daß man von den Akkumulatoren verlangt, daß sie nur als Reservestromquelle dienen sollen. Man hat dann dafür zu sorgen, daß die Batterie immer gebrauchsfertig ist, sich also immer im geladenen Zustand befindet, um im Bedarfsfall mit der Maschine zusammen zu arbeiten. Verfasser macht darauf aufmerksam, daß diese Methode eine ziemlich heikle ist, denn es ist klar, daß die beiden Spannungen, Klemmenspannung der Maschine und Klemmenspannung der Akkumulatoren, bei Parallelbetrieb beider annähernd gleich sein müssen. Sind sie voneinander verschieden, so wird diejenige der beiden Stromquellen, welche eine höhere Klemmenspannung aufweist, einen größeren Teil der Leistung übernehmen als der andere. Gerade die Akkumulatoren sind aber sehr empfindlich gegen allzu große Entladestromstärken, und da man zumeist mit zwei hintereinander geschalteten Gruppen von Akkumulatorenzellen arbeitet, deren Gesamtanfangsspannung über 4 V beträgt, so ist es klar, daß die anfängliche Entladestromstärke bedeutend werden wird im Vergleich zur Stromleistung der Dynamomaschine, wenn deren Klemmenspannung nicht auf denselben Betrag gebracht werden kann. Aus diesem Grunde wird auch häufig der Betrieb geteilt, indem der Akkumulatorenbatterie ein besonderes Leitungsnetz, respektive ein besonderer Teil der bestehenden, stromkonsumierenden Anlage zur Speisung übertragen wird. Wollen wir aber dennoch einen Parallelbetrieb haben, von Akkumulatoren und Maschine zusammen auf ein gemeinsames Leitungsnetz, so haben wir die nachfolgend angegebene Vorschrift für den Betrieb einzuhalten. Das Schema in Figur 57 zeigt uns die

Schaltungsweise mit den nötigen Nebenapparaten. Das Schaltungsschema ist ohne weiteres klar. Die Akkumulatoren AA, die uns schematisch parallel geschaltete Akkumulatorengruppen darstellen mögen, werden parallel geladen, unter Zuhilfenahme des Vorschaltwiderstandes VW und unter Beobachtung der richtigen Ladespannung, wozu der Voltmesser VM_A dient.

Fig. 57.



Schaltungsschema eines Parallelbetriebs von Dynamomaschine und Akkumulatoren zusammen.

Durch Ausschalten des Handschalters HA_A sind die Akkumulatoren nach beendigter Ladung ausgeschaltet. Braucht man sie dann einmal, so stellt man den Reihenschalterhebel auf die unteren Kontakte, wodurch die Zellen hintereinander geschaltet sind. Nun wird der Hebel des Vorschaltwiderstandes so lange verschoben, bis der Voltmesser VM_A die gleiche Spannung anzeigt wie der die Klemmenspannung der Dynamomaschine messende Voltmesser VM_D. Aus der

Stellung der Nadel des Stromrichtungszeigers SRZ wird man sehen, ob bereits Strom von den Zellen an das Netz abgegeben wird, und der Ampermesser AM_A zeigt die betreffende Entladestromstärke an. Durch Regulieren mit dem Vorschaltwiderstand läßt sich dann auch die Entladestromstärke regulieren. Sollen etwa einmal die Akkumulatoren allein den Betrieb übernehmen, so wird der Handausschalter HA_D der Dynamomaschine ausgeschaltet. Der Ampermesser AM_D zeigt stets nur die von der Dynamomaschine geleistete Stromstärke an. Auch für die Dynamomaschine ist es zweckmäßig, einen Stromrichtungszeiger zu verwenden, wenn man nicht (was besser ist) statt des Handausschalters HA_D einen Minimalausschalter verwenden will. Die in dem Schema angegebenen Bezeichnungen sind aus dem früheren Schema bereits klar und bedürfen wohl keiner weiteren Erklärung.

Grundbegriffe der Elektrolyse.

Die Leiter der Elektrizität werden bekanntlich in zwei große Gruppen eingeteilt, in Leiter I. Klasse und in Leiter II. Klasse. Während die Leiter I. Klasse den Strom fortleiten, ohne dabei eine Veränderung in ihrer chemischen Zusammensetzung zu erleiden, zersetzen sich die Leiter II. Klasse, wenn ein elektrischer Strom durch sie hindurchgeht, weshalb sie als Elektrolyte bezeichnet werden. Der Vorgang der Zersetzung durch den elektrischen Strom wird Elektrolyse genannt. Die Stromzuführung von der Elektrizitätsquelle in Figur 58 geschieht durch Leiter I. Klasse, welche in den Elektrolyten eintauchen, etwa durch die beiden Platten a und b, die durch Kupferdrähte mit den Polen der Stromquelle verbunden sind. Die in den Elektrolyten eintauchenden Stromzuführungsplatten nennt man Elektroden, und zwar heißt die + Elektrode „Anode“, die — Elektrode „Kathode“.

Füllen wir das in Figur 58 abgebildete Gefäß mit HCl (Salzsäure), so stellt uns letztere den Elektrolyten vor. Wir tauchen nun zwei Platinbleche in den Elektrolyten und verbinden sie durch Kupferdrähte mit der Stromquelle. Durch den elektrischen Strom, der nun durch den Stromkreis fließt,

wird die Salzsäure eine Zersetzung erleiden, man sagt, sie wird elektrolysiert. An jeder Elektrode treten Zersetzungsprodukte auf, und zwar an der Kathode der elektropositive Bestandteil der Salzsäure, das ist H (Wasserstoff), und an der Anode der elektronegative Bestandteil Cl (Chlor). Jeder Elektrolyt besteht aus zwei solchen Teilen, die man „Ionen" nennt, und zwar sind die an der Kathode auftretenden Bestandteile die Kationen, die an der Anode entstehenden die Anionen. Man betrachtet die Ionen als die Träger und Leiter des elektrischen Stromes innerhalb des Elektrolyten und nimmt an, daß die Elektrolyte, auch wenn kein Strom durch sie hindurchgeht, zum größten Teile in diese ihre Bestandteile, Ionen, zerlegt sind (dissoziiert). Man denkt sich, daß jedes dieser Ionen mit einer gewissen Elektrizitätsmenge geladen ist, und zwar die Anionen mit —, die Kationen mit + Elektrizität, und stellt sich vor, daß sich diese frei in der Lösung bewegen.

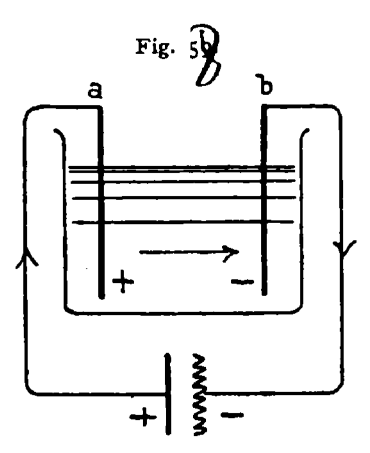


Fig. 5.
Anordnung für eine Elektrolyse.

Sobald aber ein elektrischer Strom durch den Elektrolyten, also auch durch die Elektroden geschickt wird, tritt plötzlich eine Kraftwirkung auf die Ionen ein. Die + geladene Anode zieht die — geladenen Anionen, die — geladene Kathode die + geladenen Kationen an. Es findet also eine Wanderung der einzelnen Ionen nach zwei Richtungen hin zu den Elektroden statt, und man spricht daher allgemein von einer Wanderung der Ionen. So sehen wir bei der Zersetzung von HCl (Salzsäure) durch den elektrischen Strom, daß an der Kathode H (Wasserstoff), an der Anode Cl (Chlor) auftritt, beide in Gasform und an ihren chemischen Eigenschaften erkennbar. Wir sprachen in dem Kapitel von den chemischen Grundbegriffen davon, daß Atome von Elementen nicht sichtbar sind, da sie uns den kleinsten Teil von chemischen Substanzen darstellen. Um sich die Bildung von Gasblasen, respektive von festen Substanzen, die sich bei der

Elektrolyse bilden, zu erklären, denke man sich folgendes: Die an den Elektroden nach ihrer Wanderung ankommenden Ionen besitzen nur eine geringe elektrische Ladung gegenüber der der Elektroden. Sobald nun die Ionen, die für das Auge unsichtbar sind, an den Elektroden ankommen, geben sie ihre Elektrizität ab, werden vielmehr nun mit entgegengesetzter Elektrizität, mit der den Elektroden anhaftenden Elektrizität geladen, mit letzteren also gleichnamig elektrisch und somit wieder abgestoßen. So wird zum Beispiel ein + geladenes Wasserstoffion (Atom H) an der — geladenen Katode seine + Elektrizität abgeben und — geladen werden. In demselben Augenblick wird es aber wieder abgestoßen und ist so im Begriff, eine Wanderung nach der + geladenen Anode zu beginnen. Auf dem Wege dahin aber stößt es sehr bald mit einem Wasserstoffion zusammen, welches noch + geladen ist und sich auf dem Wege zur Kathode befindet. Diese beiden Ionen tauschen nun ihre ungleichnamigen Elektrizitäten aus, und es entweicht ein unelektrisches Wasserstoffmolekül, deren mehrere zusammen eine Wasserstoffgasblase bilden.

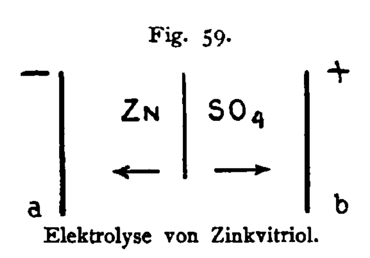
In ähnlicher Weise läßt sich die Abscheidung von festen Metallen aus den Metallsalzlösungen erklären.

Es fragt sich nun, gibt es allgemeine Grundsätze, welche Ionen + und welche — sind? Positiv sind alle Metallionen und jene Elemente und Elementgruppen, welche imstande sind, in chemischen Verbindungen an Stelle der Metalle einzutreten. Negative Ionen sind die übrigbleibenden Reste der Verbindungen, aus denen die früher als + bezeichneten Ionen ausgetreten sind. So ist im $ZnSO_4$ (Zinksulfat) Zn (Zink) das + Ion oder Kation und scheidet sich bei der Elektrolyse an der Kathode aus; die Gruppe SO_4 (Schwefelsäurerest) hingegen, der übrigbleibende Teil des Elektrolyten, ist das — Ion, das Anion, das an der Anode zur Abscheidung gelangt.

In den später folgenden Darstellungen der Vorgänge bei der Elektrolyse von wässerigen Lösungen wollen wir immer in der Weise die Bildung der Ionen aus den Elektrolyten ersichtlich machen, indem wir die Verbindungen durch einen vertikalen Strich in die beiden Teile trennen, welche dann als Ionen auf-

treten. Die Richtung, nach welcher die Ionen bei der Elektrolyse wandern, wollen wir immer durch kleine Pfeile andeuten.

Fig. 59.



Elektrolyse von Zinkvitriol.

Figur 59 stellt uns eine solche symbolische Darstellung des Vorganges bei der Elektrolyse von $ZnSO_4$ dar. Wir elektrolysieren dasselbe zwischen den beiden Elektroden a (— Pol) und b (+ Pol). Das + Ion, das Zn, wandert nach der Kathode a, das — Ion SO_4 nach der Anode b. Es ist klar, daß die an beiden Elektroden auftretenden Ionen sowie alle Elemente und Elementgruppen die Fähigkeit besitzen können, mit ihrer Umgebung chemische Reaktionen, Umsetzungen einzugehen, und zwar unterscheidet man bei der Elektrolyse zweierlei Möglichkeiten. 1. Die Ionen wirken auf Elektroden ein, oder 2. die Ionen wirken auf die Elektrolyte ein. Verwenden wir zum Beispiel, um den ersten Fall zu charakterisieren, statt der durch die Schwefelsäure unangreifbaren Platinelektroden metallisches Zink als Anode, so wird das ausgeschiedene Ion SO_4 auf die Zinkanode lösend einwirken und sich mit dem Metall zu Zinksulfat verbinden, welches sich im Wasser wieder löst. Es wird demnach durch die Elektrolyse die Anode nach und nach aufgezehrt werden, während sich an der Kathode metallisches Zink niederschlägt. Die von der Anode weggelöste Zinkmenge entspricht (theoretisch) genau der an der Kathode abgeschiedenen Zinkmenge. Ein Beispiel für den zweiten Fall ist die Elektrolyse von Na_2SO_4 (Glaubersalz).

Fig. 60.

− Na_2 | SO_4 + ← → a b

Elektrolyse von Natriumsulfat (Glaubersalz).

Wir zersetzen Glaubersalz in einem Zersetzungsgefäß unter Verwendung von Platinelektroden. Die Zersetzung findet nach dem in Figur 60 angegebenen Schema statt. Das an der Kathode a auftretende Metall Na (Natrium) ist jedoch in Wasser nicht existenzfähig, es geht mit dem Lösungswasser eine Zersetzung ein, nach der Gleichung

$$\underset{\text{Natrium}}{2Na} + \underset{\text{Wasser}}{2H_2O} = \underset{\text{Ätznatron}}{2NaOH} + \underset{\text{Wasserstoffgas}}{H_2}$$

Wir beobachten auch in der Tat bei der Elektrolyse von Glaubersalz an der Kathode eine Entwicklung von Wasserstoffgas, während die Bildung von Ätznatron bei geeigneter Anordnung des Versuches durch rote Lackmustinktur, die bekanntlich durch Ätznatron blau gefärbt wird, demonstriert werden kann; man hat dazu bloß Anode und Kathode durch eine poröse Tonzelle (Diaphragma) derart voneinander zu trennen, daß eine Vermischung der beiden an den Elektroden auftretenden Zersetzungsprodukte verhindert wird. Bei der Zersetzung von Glaubersalz wird durch den elektrischen Strom an der Anode SO_4 entladen, welches sich, da das Platin durch Schwefelsäure nicht angegriffen wird, mit dem Lösungswasser umsetzt, indem es letzteres zersetzt. Diese Wasserzersetzung findet nach folgender Gleichung statt:

$$\underset{\text{Schwefelsäurerest}}{SO_4} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O} = \underset{\text{Schwefelsäure}}{H_2SO_4} + \underset{\text{Sauerstoff}}{O}$$

Es entsteht also an der Anode Sauerstoff, während in der Lösung, falls ein Diaphragma angewendet wurde, die Bildung von Schwefelsäure nachgewiesen werden kann (Rotfärbung von blauer Lackmustinktur). Die auf diese eben besprochene Weise entstehenden Zersetzungsprodukte Wasserstoff und Sauerstoff nennt man sekundäre Produkte, da sie sekundär, das heißt erst in zweiter Linie durch die chemische Wirkung der primär ausgeschiedenen Zersetzungsprodukte Natrium und Schwefelsäurerest auf das Lösungswasser entstanden sind. Wir werden noch öfters in den technischen Methoden der Metallniederschläge auf sekundäre Wirkungen in der Elektrolyse zurückkommen, es sei aber hier bemerkt, daß die Ionen um so reaktionsfähiger sind, in je kleinerer Konzentration sie zur Ausscheidung kommen, während sie, wie dies durch hohe Stromdichten vorkommt, auch schwierigere Reaktionen auszuüben imstande sind, wie etwa der Fall beweist, daß Ammonium, das primäre Kation in einem Nickelbad, bestehend aus Nickelammonsulfat, auch Wasser zersetzen kann, wenn es eben in so großer Dichte ausgeschieden wird, daß es nicht mehr genügend Ni-Salzmoleküle vorfindet.

Quantitative Verhältnisse bei elektrolytischen Vorgängen.

Die Mengen der bei der Elektrolyse ausgeschiedenen Substanzen, sei es aus wässerigen oder feurig flüssigen Elektrolyten, sind durch das Faradaysche Gesetz bestimmt. Dies lautet in seiner allgemeinsten Form:

Zur Ausscheidung, beziehungsweise Lösung von 1 Grammäquivalent einer Substanz sind 96540 Coulomb erforderlich.

Wir wissen bereits, daß man das Äquivalent eines Körpers diejenige Zahl nennt, welche man erhält, wenn man sein Atomgewicht, respektive Molekulargewicht, durch seine Wertigkeit dividiert. 1 Grammäquivalent sind nun so viele Gramme dieser Substanz, als sein Äquivalentgewicht angibt. So ist das Grammäquivalent von Silber, da sein Atomgewicht und seine Wertigkeit gleich 1 ist,

$$\frac{107{,}92}{1} = 107{,}92$$

und es sind daher ein Grammäquivalent Silber 107,92 g. Ein Coulomb ist bekanntlich diejenige Elektrizitätsmenge, welche einen Leiter, ob nun I. oder II. Klasse, in der Sekunde durchfließt, wenn die Intensität des Stromes 1 Amper beträgt.

So braucht man also nach dem Faradayschen Gesetz zur Abscheidung von 1 Grammäquivalent Silber = 107,92 g Ag, 96540 Coulomb und man sagt, 1 g Äquivalent eines Elektrolyten transportiert 96540 Coulomb.

Es läßt sich aus dieser Zahl leicht die geläufigere Amperstundenzahl ermitteln. Da 1 St = $60 \times 60 = 3600$ sek sind, so sind 96540 Coulomb

$$\frac{96540}{3600} = 26{,}805 \text{ ASt.}$$

Es werden also durch 26,8 ASt 107,92 g Ag aus seinen Lösungen ausgeschieden, demnach durch 1 A

$$\frac{107{,}92}{26{,}805} = 4{,}026 \text{ g Ag.}$$

Faraday fand ferner, daß die ausgeschiedene Menge einer Substanz von der Temperatur der Lösung und deren elektrischem Leitungswiderstand und Konzentration unabhängig ist. Als weitere Gesetzmäßigkeit gilt ferner der Satz: Die durch Elektrolyse ausgeschiedenen, beziehungsweise gelösten Substanzen sind proportional der Intensität des Stromes und der Zeitdauer der Elektrolyse.

Bezeichnet man die in 1 ASt ausgeschiedene Menge eines Körpers als sein elektrochemisches Äquivalent Ae, so gilt die Gleichung für die Berechnung des von einer beliebigen Stromstärke i Amper in der Zeit von t Stunden ausgeschiedenen Gewichtes G in Grammen eines Körpers:

$$G = Ae \times i \times t.$$

Aus dem Faradayschen Gesetz folgt ohne weiteres der Satz: Der elektrische Strom scheidet Äquivalente (chemisch genommen) der verschiedenen Körper aus. Folgendes Beispiel diene zur Erläuterung dieses Satzes:

Wir haben drei Gefäße, I, II und III, mit verschiedenen Elektrolyten in einem Stromkreis hintereinander geschaltet.

Im Gefäß I befinde sich eine Lösung von Zinnchlorid.
„ „ II „ „ „ „ „ Natriumchlorid.
„ „ III „ „ „ „ „ Eisenchlorür.

Wir elektrolysieren nun diese drei Lösungen, indem wir den Stromkreis schließen, und lassen die Elektrolyse so lange dauern, bis im Gefäß II gerade 23,05 g Natrium abgeschieden werden (es wird dabei Natrium als Ätznatron vorhanden sein und kann mit Normalsalzsäure bestimmt werden. Siehe Alkalimetrie in Miller und Kilianis quantitativer Analyse). Untersucht man die übrigen Zersetzungsprodukte nach ihrem Gewicht, so findet man, daß

im Gefäß	An der Anode wurden ausgeschieden	An der Kathode wurden ausgeschieden
I	35,45 g Cl	29,75 g Sn
II	35,45 g Cl	23,05 g Na
III	35,45 g Cl	28,01 g Fe

die ausgeschiedenen Mengen äquivalent sind. Denn es ist für das Gefäß I:

Das Atomgewicht des Sn (Zinnes) = 119, seine Valenz 4, daher sein chemisches Äquivalentgewicht

$$\frac{119}{4} = 29{,}75.$$

Das Atomgewicht des Chlors ist 35,45, seine Valenz 1, daher sein chemisches Äquivalentgewicht

$$\frac{35{,}45}{1} = 35{,}45.$$

Auf dieselbe Weise erklären sich die Zahlen für die Gefäße II und III.

Da für das Gefäß II die ausgeschiedene Natriummenge 23,05 g ist, was einem Grammäquivalent Natrium gleichkommt, so mußten 96540 Coulomb = 26,805 Amperstunden aufgewendet worden sein. Da die Gefäße hintereinander geschaltet waren, so mußte überall die gleiche Strommenge aufgewendet worden sein, woraus die obenangeführten Zahlen folgen.

Nun wird es bei den Elektrolysen, die in der Elektroplattierung praktische Anwendung finden, vorkommen, daß die Zersetzungsprodukte auf ihre Umgebung die früher besprochenen Wirkungen ausüben können, und es fragt sich, wie verhält sich das Faradaysche Gesetz dann?

Fig. 61.

Elektrolyse einer angesäuerten Kupfersulfatlösung.

Beispiel: Wir zersetzen (Fig. 61) $CuSO_4$ (Kupfersulfat) zwischen zwei Elektroden aus Kupfer und fügen der Lösung etwas H_2SO_4 (Schwefelsäure) zu. Es wird sich also Kupfer an der Kathode, Schwefelsäurerest an der Anode abscheiden, besser gesagt, nach diesen Elektroden hin wandern; auch die Schwefelsäure leitet den Strom, muß daher eine Zersetzung erleiden, es wird sich ebenfalls Schwefelsäurerest an der Anode entladen, hingegen Wasserstoff an der Kathode entstehen.

Es nehmen also beide Teile des Elektrolyten an der Stromleitung teil, und zwar nach dem Kirchhoffschen Gesetz, das wir bereits kennen gelernt haben, das heißt nach Maßgabe ihres Leitungsvermögens. Wenn wir die Elektrolyse in geeigneter Weise vor sich gehen lassen (nicht zu starken Strom), dann werden wir aber keine Bildung von Wasserstoffgas an der Kathode bemerken, es wird dann die abgeschiedene Kupfermenge der nach dem Faradayschen Gesetz berechneten theoretischen Menge entsprechen.

Der durch Elektrolyse von Schwefelsäure gebildete Wasserstoff zersetzt die Kupfersulfatlösung nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Kupfersulfat}}{CuSO_4} + \underset{\text{Wasserstoff}}{H_2} = \underset{\text{Schwefelsäure}}{H_2SO_4} + \underset{\text{Kupfer}}{Cu}$$

dies ist also sekundäres Kupfer, während das durch die Elektrolyse des Kupfersulfates gebildete Kupfer als primäres Kupfer zu bezeichnen ist. Haben wir genau 96540 Coulomb, das sind rund 26,8 ASt, verbraucht, so wird genau 1 Grammäquivalent $= \frac{63,6}{2} = 31,8$ g Kupfer abgeschieden worden sein. Davon wird so viel primäres und so viel sekundäres Kupfer sein, als nach der Leitfähigkeit der beiden Bestandteile der Flüssigkeit primär Kupfer und primär Wasserstoff abgeschieden wurde. Der Wasserstoff wirkt also rein chemisch ein, es kann aber trotzdem aus solchen sekundären Abscheidungen auf die primär gebildeten Produkte geschlossen werden.

Hat in unserem Beispiel etwa das Kupfersulfat $^1/_3$, die Schwefelsäure $^2/_3$ der Stromleitung übernommen, so wird die Schwefelsäure während der Elektrolyse $64360 = \frac{96540 \times 2}{3}$ Coulomb, das Kupfersulfat $32180 = \frac{96540 \times 1}{3}$ Coulomb befördert haben; zusammen also 96540 Coulomb.

Den 32180 Coulomb, welche auf das Kupfersulfat entfallen, entsprechen aber

$$96540 : 32180 = 31,8 : x$$

$x = 10,6$ g primäres Kupfer, und den 64360 Coulomb der Strom-

leitung der Schwefelsäure entsprechen nach der Proportion:

$$96540 : 64360 = 31{,}8 : y$$

$y = 21{,}2$ g sekundär abgeschiedenes Kupfer.

Zusammen sind also:

10,6 g primäres
21,2 g sekundäres
———————————
31,8 g Kupfer

abgeschieden worden, was auch der Tatsache und dem Faradayschen Gesetze entspricht. Ebenso verhält es sich mit der an der Anode abgeschiedenen Gruppe SO_4. Es werden nach dem Faradayschen Gesetze 48,03 g SO_4 in derselben Zeit an der Anode abgeschieden wie 31,8 g Cu an der Kathode. Diese 48,03 g SO_4 vermögen aber nach den stöchiometrischen Gesetzen 31,8 g Kupfer aufzulösen, also ebensoviel, als abgeschieden wurden. Die meisten Elektroplattierbäder sind so zusammengesetzt, daß diese Gleichheit von Abscheidung und Auflösung von Metall fast genau eingehalten ist, wodurch die Elektrolyte dauernd in ihrer ursprünglichen Zusammensetzung bleiben müßten.

Es ist leider in der Praxis nicht immer möglich, die theoretischen Niederschlagsmengen oder Lösungsmengen einzuhalten. Es entwickeln sich zumeist kleine Mengen von Gasen an den Elektroden, was einem Verlust an Niederschlag, beziehungsweise einem geringeren Lösen des Anodenmetalles entspricht. Die Folge davon ist, daß die Bäder ihre ursprüngliche Zusammensetzung ändern, denn wenn sich beispielsweise bei der Elektrolyse von $NiSO_4$ (Nickeloxydulsulfat) zwischen zwei Nickelplatten anstatt der theoretischen Menge SO_4 infolge Sauerstoffentwicklung weniger zur Nickellösung darbietet, so wird die Lösung metallärmer werden; das gleiche kann eintreten, wenn die Ausscheidung von SO_4 zu rasch und zu stark vor sich geht, was dann vorkommt, wenn man in einem Vernicklungsbad kleine Flächen gewalzter (schwer löslicher) Nickelanoden verwendet. Die SO_4-Ionen treten eben unter diesen Umständen in zu großer Dichte an der Anode auf, werden entladen, bevor sie sich noch gelöst haben, und sind dann für die Lösung des Metalls größtenteils verloren.

Das Verhältnis der praktisch erzielten Niederschlagsmengen zu den theoretisch berechneten heißt die Ausbeute an Strom (Stromausbeute), das heißt für den gewünschten Prozeß wird nur ein (allerdings zumeist der größte) Teil des Stromes nutzbar gemacht, der Rest bildet Nebenprodukte, wie freie Säure, freies Alkali und Gase. So wird man in der Praxis auch nie die theoretischen Mengen an niederzuschlagendem Metall erhalten, sondern je nach der Stromausbeute 75 bis 100 % der berechneten Menge.

Für den Praktiker von Wichtigkeit ist zu wissen, wie er sich die Zeit t berechnet, die er benötigt, um einen Metallniederschlag von bestimmter Stärke auf seinem zu elektroplattierenden Gegenstand zu erzielen, oder er stellt sich die Aufgabe, die Stromstärke i im voraus zu ermitteln, die ihm in einer bestimmten Zeit t einen Metallniederschlag von gewünschter Stärke bewirkt usf.

Hierzu dient folgende Berechnungsmethode: Es gelten die Bezeichnungen:

G = Gewicht des niedergeschlagenen Metalles in Gramm,
Ae = elektrochemisches Äquivalent des Metalles, bezogen auf Amperstunden,
i = angewandte Stromstärke in Amper,
t = Zeitdauer der Elektrolyse in Stunden,
s = spezifisches Gewicht des Metalles, das niedergeschlagen werden soll,
O = Oberfläche des zu plattierenden Gegenstandes in Quadratdezimeter,
D = Dicke der Schichte des niedergeschlagenen Metalles in Millimeter,
σ = Stromausbeute in Prozenten der theoretischen Niederschlagsmenge,

so berechnet sich das in einer bestimmten Zeit t bei einer Stromstärke i erhaltene Gewicht an niedergeschlagenem Metall

$$G = Ae \times i \times t \times \frac{\sigma}{100}$$

und die damit erzielte Niederschlagschichte auf dem Gegenstand von O qdm Oberfläche

$$D = \frac{Ae \times i \times t \times \sigma}{s \times O \times 1000}\ \text{mm} = \frac{Ae \times ND_{100} \times t \times \sigma}{s \times 1000}\ \text{mm}.$$

Will man die Zeitdauer (in Stunden) berechnen, welche nötig ist, um bei einer Stromdichte ND_{100} Amper in der Zeit t Stunden eine Dicke des Niederschlages von D mm zu erhalten, so gilt die Formel

$$t = \frac{D \times s \times 1000}{Ae \times ND_{100} \times \sigma} \text{ St.}$$

Und für den Fall, daß die Stromstärke zu berechnen ist, die man anzuwenden hat, um in einer bestimmten Zeit t die gewünschte Dicke des Niederschlages zu erhalten, benutzt man die Formel

$$i = \frac{D \times s \times O \times 1000}{Ae \times t \times \sigma} \text{ A.}$$

Beispiel: Auf einer Tasse, die in einem Silberbade elektroplattiert werden soll, will man eine Silberschichte von 0,5 mm Dicke herstellen. Die Tasse besitze eine gesamte, zu versilbernde Oberfläche von 5,6 qdm. Welche Stromstärke ist nötig, um dies in 24 Stunden fertig zu bringen?

Es sind also hier die Werte maßgebend:

Ae = 4,026
i = ?
t = 24
s = 10,5
O = 5,6
D = 0,5
σ = 98 % (für ein beliebig gewähltes Silberbad).

Es berechnet sich hieraus die anzuwendende Stromstärke zu:

$$i = \frac{0,5 \times 10,5 \times 5,6 \times 1000}{4,026 \times 24 \times 98} = 3,1 \text{ A.}$$

Das Verhältnis des Gewichts an niedergeschlagenem Metall zum anodisch gelösten nennt man den Wirkungsgrad eines elektrolytischen Bades der Galvanotechnik, und es wird stets angestrebt, den Wirkungsgrad von 1,0 zu erreichen, d. h. man trachtet die Arbeitsweise so zu regeln, daß ebensoviel Metall kathodisch ausgefällt wie anodisch gelöst wird. Der Wirkungsgrad schwankt aber, und zwar ist er meist kleiner als 1,0, doch gibt es auch Bäder, wo er größer als 1,0 ist, das hängt von der Stromausbeute an der Kathode und der Anode ab.

In der nachstehenden Tabelle sind für diesen Zweck die elektrochemischen Äquivalente, bezogen auf Amperstunden

für die in der Elektroplattierung vorkommenden Metallsalze angegeben, ebenso die entsprechenden Werte von s für die abgeschiedenen Metalle. Die Stromausbeuten sind bei den einzelnen Elektroplattiermethoden stets angegeben.

Es sei im Anschluß hieran noch bemerkt, daß man die Gegenstände mit einer solchen Stärke von niedergeschlagenem Metall versieht, welche der Lebensdauer des betreffenden Metallgegenstandes entspricht. So werden Schüsseln, Eßbestecke und andere täglich im Gebrauch stehende Gegenstände mit einem ziemlich starken Metallniederschlag versehen, während man auf Gegenstände wie Spielwaren u. ä. nur ganz schwache Niederschläge gibt, welche dann stets genügen, um das Objekt während seiner Lebensdauer zu verschönen.

Metallverbindungen	Ae	s
Kupferoxydsalze	1,186	8,9
Kupferoxydulsalze	2,372	8,9
Ferrosalze	1,045	7,8
Ferrisalze	0,696	7,8
Nickeloxydulsalze	1,095	8,8
Bleisalze	3,859	11,4
Zinksalze	1,219	7
Zinnoxydulsalze	2,218	7,3
Zinnoxydsalze	1,109	7,3
Kobaltoxydulsalze	1,099	8,5
Silbersalze	4,026	10,5
Goldoxydsalze	2,453	19,5
Goldoxydulsalze	3,68	19,5

Das Elektroplattierbad.

Der Apparat, in dem die Praxis den elektrolytischen Metallniederschlag erzielt, heißt das Elektroplattierbad. Obschon damit nur die wässerige Lösung der Salze gemeint ist, so wird doch gewöhnlich der ganze montierte, mit Elektroden, Kupferleitungen und Verbindungsstücken versehene Apparat darunter verstanden. Die Lösungen, deren man sich in der

Elektroplattierung bedient, werden in geeignete Gefäße, die man Bäderkasten oder Wannen nennt, gebracht, welche Wannen entweder aus Steinzeug, Holz, Glas oder emailliertem Eisen hergestellt sind.

Stets ist dafür zu sorgen, daß für jede Lösung dasjenige Material zum Bau der Wanne gewählt wird, welches auf die Zusammensetzung der Lösungen keinen schädlichen Einfluß ausüben kann und ebenso von den Lösungen nicht angegriffen wird.

Für stark saure Bäder verwendet man daher Steinzeug- oder Glaswannen, auch Holzwannen, welche mit Blei ausgelegt sind. Auch Kupferblechauskleidung wird für manche Bäder angewendet.

Lösungen, welche während der Elektrolyse erwärmt werden müssen, gibt man in emaillierte Eisenwannen, doch ist speziell bei Eisenwannen darauf zu achten, daß das Email nicht abspringe (zumeist durch plötzliche Temperaturveränderungen), weil Eisen die meisten anderen Metalle aus ihren Lösungen abscheidet, sobald es mit diesen in Berührung kommt.

Die in der Elektroplattierung verwendeten Wannen aus Holz werden am besten aus Lärchenholz oder anderen Holzsorten hergestellt, welche keine Gerbsäure enthalten.

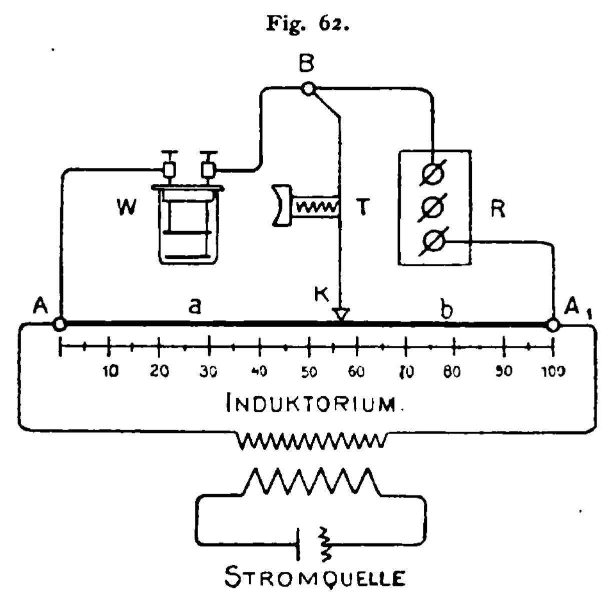
Größere Badbehälter, wie sie im Großbetrieb vorkommen, etwa bei der Verzinkung von Eisenkonstruktionen, werden aus im Erdreich durch Mauerung hergestellten Bassins gebildet, die man auszementiert oder betoniert. Werden mehrere Bäder nebeneinander aufgestellt, so ist für Kommunikation ein bestimmter Raum freizulassen, der für gewöhnlich 75 cm breit sein soll, sich aber übrigens ganz nach den Verhältnissen richtet.

Die Badflüssigkeit. Die Badflüssigkeiten, welche in den Elektroplattierbädern Verwendung finden, enthalten Metallsalze und geeignete Nebensalze, welche mit an der Stromleitung teilnehmen und Leitsalze heißen. Die Lösungen müssen so zusammengestellt sein, daß die zur Erzielung eines allen Ansprüchen entsprechenden Niederschlages, von dem man Schönheit des Farbentones, Festigkeit, Homogenität etc. verlangt, aufzuwendende elektrische Energie möglichst gering und damit auch die Betriebskosten nicht zu hoch werden.

Durch die Eigentümlichkeit der einzelnen Salzlösungen ist man in elektrotechnischer Hinsicht bezüglich der elektrischen Größen an zwei Grenzwerte gebunden, welche für jedes einzelne Bad verschieden sind.

Wir haben bereits vom spezifischen Widerstand von Elektrolyten gesprochen und haben gesehen, wie der Gesamtwiderstand einer beliebigen Flüssigkeitssäule vom spezifischen

Fig. 62.



Messung des spezifischen Widerstandes eines Bades.

Widerstand abhängt. Um nun ohne Störungen einen möglichst gleichmäßigen Betrieb zu erzielen, ist es vor allem Grundbedingung, daß sich der spezifische Badwiderstand nicht allzusehr von seinem normalen Wert entferne, weil nur für diesen die bei den einzelnen Bädern angegebenen elektrischen Größen Gültigkeit haben.

Die Messung und stetige Kontrollierung des spezifischen Widerstandes der Badflüssigkeiten wird nun aber nicht jedem die Elektroplattierung gewerbsmäßig treibenden Praktiker möglich sein. Es sind hierzu besondere Apparate notwendig, die nachstehend in aller Kürze beschrieben und gleichzeitig die Methode der Messung daran erklärt werden soll.

Ein ausgespannter Draht (Fig. 62) AA_1, aus Konstantan, der mit einer Skala versehen ist (mm-Skala), dient als Meßdraht. Von A aus ist eine Leitung zum Meßgefäß W abgezweigt, welches die zu messende Flüssigkeit enthält und bei B mit einem Stöpselrheostat R in Verbindung steht. Zwischen dem Punkt B und dem Kontakt K ist die Leitung nach einem Bellschen Hörtelephon (T) abgezweigt, welches durch den im Induktorium erzeugten Wechselstrom zum Tönen kommt, solange ein Strom durch die Telephonleitung fließt. Durch geeignete Stöpselung von Widerständen im Stöpselrheostat R und Verschiebung des Kontaktes K kann man den Strom in der Telephonleitung zum Verschwinden bringen, das Telephon verstummt, die einzelnen Teile dieser Schaltung, die als Wheatstonsche Brückenschaltung bekannt ist, sind in ihren Widerständen abgeglichen.

Es verhalten sich dann die Widerstände

$$a : b = W : R$$

wenn a und b die Strecken A—K, respektive $K—A_1$ sind. Man kann für die Widerstände der Drahtstücke A—K und $K—A_1$ direkt die Strecken in Zentimeter wählen, weil ja doch nur das Verhältnis der beiden in Betracht kommt.

Daraus errechnet sich der unbekannte Widerstand W, das ist der durch die Badflüssigkeit zwischen den beiden Elektroden des Apparates W gebildete Widerstand zu

$$W = \frac{a}{b} \times R.$$

R ist in Ω gegeben, a und b sind Strecken in Zentimetern, die auf der Skala des Drahtes (der dann 1 m lang ist) AA_1 abzulesen sind.

Durch eine geeignete Eichung des Meßgefäßes ist man imstande, aus den Werten für W den spezifischen Widerstand der Badflüssigkeit zu ermitteln, das ist der Widerstand eines Würfels von 1 dm Seitenlänge.

Wie gesagt, nicht jeder Elektroplattierer wird einen solchen Apparat zur Verfügung haben; man hilft sich auf andere Weise, um die Zu- oder Abnahme der Konzentration, was ja im allgemeinen auf die Veränderung des spezifischen Bad-

widerstandes schließen läßt, zu beobachten, und zwar bedient man sich des Aräometers, der durch ein mehr oder minder tiefes Einsinken in die Lösung an einer Skala eine bestimmte Konzentration (gemessen in Graden Baumé) angibt, indem die Oberfläche der Flüssigkeit auf den betreffenden Teilstrich der Skala zu stehen kommt.

Die Badflüssigkeit wird durch längeres Stehen und Verdunsten des Wassers an Salzen verhältnismäßig reicher werden, der Widerstand wird sich verringern, das Aräometer zeigt dann einen höheren Gehalt an, indem es weniger tief einsinkt.

Man kann dann so lange Wasser nachgießen, bis die ursprüngliche Angabe des Aräometers wieder hergestellt ist.

Ist die Badflüssigkeit durch nie zu vermeidende Unregelmäßigkeiten im Betrieb an Metallsalzen stark verarmt, so ist die erforderliche Menge des Badsalzes wieder hinzuzugeben, im gegenteiligen Fall Wasser zuzusetzen.

Von Einfluß auf die Wirkungsweise eines Bades ist auch seine Temperatur. Die günstigste Temperatur für die meisten Bäder liegt zwischen 15 und 20° Cels. Da mit abnehmender Temperatur der Lösungen der Widerstand wächst, so ist klar, daß man bei kalten Lösungen höhere Spannungen anwenden muß, um die bei normalen Verhältnissen herrschende Stromstärke durch dieselben hindurchzuschicken. Man sorge daher im Winter für richtige Temperatur der Bäder, was ja gerade in gut eingerichteten Anstalten nicht allzu schwer fallen kann, da man sowohl durch kontinuierliche Beheizung des Bäderraumes dies erreichen kann oder auch dadurch, daß man einen Teil der Badflüssigkeit in Behälter schöpft (die durch Erwärmen nicht springen und von der Lösung nicht angegriffen werden), auf einem geeigneten Herd erwärmt und dann dem Bad wieder zusetzt; so lassen sich die vorgeschriebenen geeignetsten Temperaturen einhalten. Höhere Temperaturen schaden den Bädern selten, die aufzuwendende Spannung wird dann kleiner sein als bei normaler Temperatur, um dieselben Stromverhältnisse zu erreichen.

Besondere Sorgfalt ist auf die Reinerhaltung der Badflüssigkeit zu verwenden. Gegenstände, die durch Unachtsamkeit in die Bäder fallen gelassen werden und drinnen

liegen bleiben, sind schon oftmals die Ursache von Störungen geworden. Die Lösungen können dadurch chemisch beeinflußt werden, oder es kann dadurch zwischen den eingehängten Elektroden ein Kurzschluß entstehen, sofern der Gegenstand aus Metall bestand.

Theoretisch müßte jedes Elektroplattierbad seine ursprüngliche Zusammensetzung unbegrenzt lange beibehalten; denn verfolgt man das Faradaysche Gesetz für ein bestimmtes Bad, so zeigt sich, daß stets diejenige Menge Metall von der Anode (die bekanntlich immer aus dem Metall besteht, welches sich an der Kathode abzuschneiden hat) gelöst wird, welche sich an der Ware niederschlägt. Praktisch ist dies jedoch unerreichbar, da sich der Elektroplattierprozeß (die Elektrolyse des Bades) nie so glatt vollzieht. Die an den Elektroden herrschende Stromdichte ist bald groß, bald klein, es treten an der Anode Oxydationsvorgänge auf, an der Kathode Reduktionsvorgänge; die Zusammensetzung der Bäder ändert sich infolgedessen, und es ist Pflicht eines jeden technischen Leiters einer Elektroplattieranstalt, sich von der richtigen Zusammensetzung seiner Bäder zu überzeugen, indem er die nötigen chemischen Analysen macht oder machen läßt und die ursprüngliche Zusammensetzung der Bäder durch entsprechende Korrekturen wiederherstellt.[1])

Verfasser macht darauf aufmerksam, daß durch die Lösungsvorgänge an der Anode, wenn die Badflüssigkeit ruhig bleibt, die schwere Flüssigkeit, die an der Anode durch das Lösen von Anodenmetall entsteht, zu Boden sinkt, dort also dichter wird, während an der Kathode durch Ausscheidung von Metall die Lösung an Metallsalzen verarmt, daher dünner wird. Bliebe ein Bad lange Zeit während des Betriebes in dieser Weise ruhig, so würde sich bald die Verdünnung der Lösung bemerkbar machen; es würde der Niederschlag ungleichmäßig werden, an den unteren Teilen des Gegenstandes stärker als an den oberen, außerdem der Strömung der dünneren Flüssigkeit entsprechende Streifen bilden, die zumeist dunkler gefärbt

[1]) Über chemische Untersuchungen und Analysen siehe: Analytische Chemie von Miller und Kiliani. — Die Gehaltsbestimmungen der galvanischen Bäder und die Chemikalien des Galvanotechnikers von Dr. M. Krüger.

sind. Man bewege daher (bei längere Zeit dauernden Elektroplattierungen) die Ware öfters in der Lösung oder rühre mit einem Holz- oder Glasstab die Lösung durcheinander, damit sich die unten befindliche dicke, konzentrierte Schichte mit der oberen dünnen, salzarmen wieder ausgleiche. Bei sehr langandauernden Arbeiten, wie sie namentlich in der Kupfer- oder Silber-Galvanoplastik vorkommen, greift man selbst zur Zirkulation der Elektrolyte, um die störenden Einflüsse der Konzentrationsänderungen zu vermeiden.

Im allgemeinen gilt noch, daß man die Wannen 10 bis 20 cm tiefer wählt, als die voraussichtlich tiefst eintauchenden Gegenstände hängen, damit auch diese Teile in reine Lösung eintauchen (falls sich ein Bodensatz gebildet haben sollte). Am besten ist es, wenn man die Badflüssigkeit von Zeit zu Zeit filtriert oder mittelst eines Glashebers von den unten befindlichen Verunreinigungen abzieht.

Allgemeines über die Veränderungen der Bäder. Es wurde bereits gesagt, daß bei jedem elektrolytischen Prozeß, wie sich diese in den Elektroplattierbädern abspielen, Nebenreaktionen auftreten, die durch die Stromverhältnisse bedingt sind. Einen dieser Nebenprozesse haben wir bereits kennen gelernt, es ist dies die Wasserstoffentwicklung an der Kathode, und wir finden darin die Ursache der geringeren Metallausscheidung, als dem Faradayschen Gesetze entspricht. Das Verhältnis der tatsächlich erhaltenen Metallmenge zur theoretisch berechneten nannten wir Stromausbeute und drücken damit in Prozenten die Ausnützung des elektrischen Stromes für die Erzeugung der gewünschten Reaktion aus.

Wir unterscheiden in der Elektroplattierung im allgemeinen folgende Gattungen von Bädern, an denen wir dann einzeln die auftretenden Veränderungen behandeln wollen.

I. Neutrale Bäder.
II. Saure Bäder.
III. Alkalische Bäder.
IV. Cyankalische Bäder.

I. Die neutralen Bäder. Die Veränderungen, denen das Bad unterworfen ist, können folgende sein:

1. Es kann ammoniakalisch, respektive alkalisch werden (dabei unter Umständen metallreicher).

2. Es kann mineralsauer werden (schwefelsauer), gleichzeitig metallärmer.

Betrachten wir etwa ein Nickelbad der Zusammensetzung:

Wasser	1000 g
Nickelsulfat	35 g
Ammonsulfat	40 g

Die in der Lösung vorhandenen Ionen sind $\overset{++}{Ni}$, $\overset{+}{NH_4}$, $\overset{--}{SO_4}$ und $\overline{\overline{Ni\ (SO_4)_2}}$.

Es spalten sich demnach die beiden Salze nach folgender Weise:

$$\overset{++}{Ni}\ \overset{--}{SO_4}$$
$$(\overset{+}{NH_4})_2\ \overset{--}{SO_4}$$

Die Ionen $\overset{++}{Ni}$ und $\overset{+}{NH_4}$ wandern nach der Kathode, die $\overset{--}{SO_4}$-Ionen nach der Anode. Es wird also aus dem $NiSO_4$ primär Nickel ausgeschieden; aber auch das an der Kathode auftretende Kation $\overset{+}{NH_4}$ verursacht eine Nickelausscheidung, indem es auf das Nickelsulfat reduzierend einwirkt, sich selbst aber zu Ammonsulfat oxydiert und dabei metallisches Nickel zur Ausscheidung bringt.

Der Vorgang ist dabei folgender:

$$\underset{\text{Nickelsulfat}}{NiSO_4} + \underset{\text{Ammonium}}{2\,NH_4} = \underset{\text{Ammonsulfat}}{(NH_4)_2SO_4} + \underset{\text{Nickel}}{Ni}$$

Das so ausgeschiedene Nickel ist sekundären Ursprungs. Die Ammoniumionen wirken aber nur unter der Bedingung reduzierend gegenüber Nickelsulfat, wenn sie in kleiner Konzentration zur Abscheidung kommen, wenn also die Stromdichte an der Kathode klein ist, das heißt, wenn durch die an der Kathode entstehende Verdünnung, die um so fühlbarer wird, je größer die Stromdichte ist, so weit gediehen ist, daß nicht mehr genug Ni-Salzmolekeln vorhanden sind, so werden NH_4-Ionen das Lösungswasser zersetzen. Wird aber die Kathodenstromdichte größer, so steigert sich damit der Teil der Ammoniumionen, welcher nicht Nickelsulfat reduziert, dagegen sich als Am-

monium entlädt, dabei das Wasser der Lösung nach folgender Gleichung zersetzend:

$$(NH_4)_2 + 2\,H_2O = 2\,NH_4OH + H_2$$

Ammonium Wasser Ammoniumhydroxyd Wasserstoffgas

Es geht dadurch ein Teil der Stromstärke für die Nickelabscheidung verloren (vergleiche Stromausbeute), daher wird unter sonst gleichen Umständen mit steigendem Gehalt an freiem Ammoniumhydroxyd die Lösung nickelreicher werden, sofern dieses nicht durch das entstehende Ammonium gefällt oder zur bekannten tiefblauen Lösung gelöst wird.

Ob das Bad ammoniakalisch oder auch alkalisch geworden ist, konstatiert man durch die blaue Färbung von rotem Lackmuspapier. Wenn nun an der Anode durch Einhaltung der richtigen Stromdichte immer die theoretische Menge von Metall in Lösung geht, an der Kathode aber weniger ausgeschieden und der Überschuß nicht gefällt wird (was öfter der Fall ist), so muß eine Anreicherung an Metallsalz eintreten; wird hingegen das Plus an gelöstem Anodenmetall durch das an der Kathode entstandene freie Alkali gefällt, so kann die Lösung an Metallsalz gleichbleiben. Ist das Bad alkalisch geworden, so ist es mit freier Säure (aus der das Metallsalz besteht) zu neutralisieren, bis weder blaues noch rotes Lackmuspapier eine Farbenveränderung zeigt. Wir sagen also zusammenfassend: Durch zu große Stromdichten an der Kathode werden neutrale Bäder ammoniakalisch, beziehungsweise alkalisch.

Es kann aber auch der zweite Fall eintreten, nämlich das früher neutrale Bad wird sauer. Forschen wir nach der Ursache dieser Veränderung, so kommen wir zu folgender Erscheinung. Wenn die Stromdichte an der Anode zu groß ist, dann werden die SO_4-Ionen (Schwefelsäureionen), da sie in großer Menge auf einem kleinen Raum ausgeschieden werden, nicht bloß Nickel von der Anode lösen, also Nickel zu Nickeloxydsulfat oxydieren, sich selbst dabei reduzierend, sondern es wird ein Teil der SO_4-Ionen an der Anode entladen und dann das Lösungswasser zersetzen können unter Bildung von freier Schwefelsäure und Entwicklung von Sauerstoffgas.

Die Umsetzung erfolgt nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Schwefelsäurerest}}{SO_4} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O} = \underset{\text{Schwefelsäure}}{H_2SO_4} + \underset{\text{Sauerstoffgas.}}{O}$$

Es verarmt somit das Bad an Metallsalz, sobald es die durch die Bildung von freier Säure bedingte saure Reaktion (Rotfärbung von blauem Lackmuspapier) zeigt.

Bei ganz großen Stromdichten an der Anode tritt der Fall ein, daß dann, wenn die Lösung Salze enthält, welche oxydierbar sind, auch diese oxydiert werden, so die Nickeloxydulsalze zu höheren Nickeloxydsalzen; es tritt dann der Fall ein, daß die so gebildeten höheren Stufen der Oxydsalze nicht immer existenzfähig sind, sie zersetzen sich dann und bilden auf der Anode einen Anodenbelag, der zumeist Metalloxyd sein dürfte. (Bei Nickelbädern besonders dann, wenn keine Säure im Bad oder letzteres gar alkalisch geworden ist.) So entsteht bei der Elektrolyse von Nickelsalzen bei Anwendung großer Stromdichten und kalter konzentrierter Bäder Nickeloxyd nach folgenden Gleichungen:

$$\underset{\text{Nickelschwefelsäurerest}}{Ni(SO_4)_2} + \underset{\text{Nickeloxydulsulfat}}{NiSO_4} = \underset{\text{Nickeloxydsulfat.}}{Ni_2(SO_4)_3}$$

Nickeloxydsulfat ist aber eine in Wasser sehr unbeständige Verbindung, sie zersetzt sich unter Bildung von Schwefelsäure.

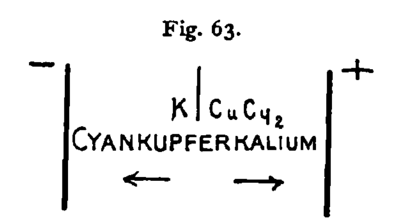
$$\underset{\text{Nickeloxydsulfat}}{Ni_2(SO_4)_3} + \underset{\text{Wasser}}{3H_2O} = \underset{\text{Nickelsuperoxyd}}{Ni_2O_3} + \underset{\text{Schwefelsäure.}}{3H_2SO_4}$$

II. Saure Bäder. Das Bad kann neutral, sogar alkalisch werden, was gleichbedeutend ist mit einer Anreicherung an Metallsalz; wird aber das Bad einmal sogar alkalisch, so kann wieder der Fall eintreten, daß sich unlösliche Metallhydroxyde durch das an der Kathode entstandene freie Alkali bilden. Man prüfe die Bäder auf ihren Säuregehalt und bringe sie nach Konstatierung ihrer Konzentration mit Hilfe des Aräometers wieder auf ihre ursprüngliche Zusammensetzung. Das Bad kann aber auch noch saurer werden, etwa zitronensaure Nickelbäder können schwefelsauer werden, was durch entsprechende Reagenzien (Kongopapier wird blau, auch Tropäolin usf. werden angewendet) zu erkennen ist.

III. Alkalische Bäder. Verfasser will in dieses Kapitel nicht die für gewöhnlich auch als alkalisch bezeichneten cyankalischen Bäder einreihen, sondern nur diejenigen Elektroplattierbäder behandeln, welche freies Ätznatron oder Atzkali enthalten. (Es sind deren nur sehr wenige im Gebrauch.) Die Bäder können durch die Zersetzung von mineralsauren Leitsalzen durch zu hohe Stromdichte an der Anode ihre alkalische Eigenschaft einbüßen, indem die entstehende freie Säure etwas Alkali neutralisiert. Die Oxydationswirkungen an der Anode treten auch hier auf und sind durch Analogie leicht zu finden. Eine Einbuße an freiem Alkali ist hier das Zeichen für Metallsalzverarmung des Elektroplattierbades. Durch Abnahme des Gehaltes an freiem Alkali kann in solchen Bädern aber auch ein Teil des Metalles gefällt werden, wie z. B. in Zinnbädern, wo zur Löslichkeitshaltung stets Alkali in bestimmter Menge nötig ist.

IV. Cyankalische Bäder. Betrachten wir ein Bad, welches Cyankupferkalium enthält, so finden wir bei der Elektrolyse nachstehende Erscheinungen:

Fig. 63.



Elektrolysierschema für Cyankupferkalium.

Es wird primär K als +-Ion gebildet (siehe Figur 63), welches bei nicht zu großer Stromdichte und entsprechender Konzentration an Kupfersalz noch auf Cyankupferkalium reduzierend wirken kann, indem es mit letzterem bildet:

$$\underset{\text{Cyankupferkalium}}{KCuCy_2} + \underset{\text{Kalium}}{K} = \underset{\text{Kupfer}}{Cu} + \underset{\text{Cyankalium.}}{2\,KCy}$$

Wir bemerken also keine Wasserstoffgasentwicklung an der Kathode, hingegen die Bildung von freiem Cyankalium. Sehen wir nach, was bei normalen Stromdichten an der Anode vor sich geht, so finden wir wieder einen Oxydations-

vorgang; das primäre Ion $\overline{CuCy_2}$ (Kupfercyanid) wirkt auf das Anodenkupfer oxydierend, indem sich ersteres in Kupfercyanür verwandelt nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Kupfercyanid}}{CuCy_2} + \underset{\text{Kupfer}}{Cu} = \underset{\text{Kupfercyanür.}}{2\,CuCy}$$

Bei genauer Einhaltung der zu dieser Umsetzung nötigen Anoden- und Kathodenstromdichten läßt sich der Elektrolysierprozeß so leiten, daß an der Anode ebensoviel Kupfercyanür entsteht wie an der Kathode freies Cyankalium. Das Kupfercyanür bildet an der Anode einen weißen schlammartigen Belag, der durch Umrühren im stromlosen Zustand in dem an der Kathode entstandenen freien Cyankalium wieder gelöst wird.

Ist aber die Stromdichte an der Kathode zu groß, was sich alsbald durch heftige Gasentwicklung bemerkbar macht, so tritt der Fall ein, daß das primäre Kaliumion nicht mehr reduzierend wirkt, sondern als Molekül Kalium zur Entladung kommt und dann mit dem Lösungswasser die chemische Reaktion:

$$\underset{\text{Kalium}}{K_2} + \underset{\text{Wasser}}{2\,H_2O} = \underset{\text{Ätzkali}}{2\,KOH} + \underset{\text{Wasserstoff}}{H_2}$$

bewirkt. Dadurch geht freies Cyankalium verloren, welches sich bei der Elektrolyse an der Kathode bilden sollte, und es ist erklärlich, daß dann nicht mehr das (wenn auch bei richtiger Anodenstromdichte) an der Anode gebildete Kupfercyanür alles gelöst werden kann, es bleibt ein Schlamm rückständig, der als Bodensatz auftritt. Man löst ihn durch Zusatz von etwas freiem Cyankalium. Ist an der Anode die Stromdichte zu hoch, so wird molekulares Kupfercyanid entladen, was sich als grüner Schlamm bemerbar macht, indem er sich mit dem Lösungswasser zu einem basischen Kupfercyanid verbindet. Der Prozeß vollzieht sich nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Kupfercyanid}}{CuCy_2} + \underset{\text{Wasser}}{H_2O} = \underset{\text{bas. Cyanid}}{Cu\!<\!{}^{OH}_{Cy}} + \underset{\text{Blausäure.}}{HCy}$$

Diese Blausäure polymerisiert sich dann und bildet Paracyan, das ein stromisolierendes kakaobraunes Präparat ist, welches sich an der Anode festlegt.

Freies Cyankalium löst auch dieses erstgenannte basische Cyanid, man sorge aber dafür, daß nicht zuviel Cyankalium in das Bad gelange. Mit der Bildung von ungelöstem auf dem Boden der Wanne liegenden Schlamm von Cyanmetall verarmt die Lösung an Metallsalz, so daß das öftere Nachgeben von Cyandoppelsalzen unumgänglich notwendig wird.

Das freie Ätzkali, das durch Wasserzersetzung seitens der entladenen Kaliumionen gebildet wird, kann die an der Anode entwickelte Blausäure neutralisieren. Es kann aber ebensowohl ein Überschuß an Atzkali entstehen, den man durch wenig freie Säure neutralisiert, es kann aber auch freie Blausäure entstehen, die man durch Zugabe von Ätznatron oder Ätzkali abstumpft, neutralisiert.

Verwendet man in cyankalischen Bädern auch Leitsalze, dann werden die daraus gebildeten Kationen, indem sie auf Cyankupferkalium zersetzend einwirken, Kupfer abscheiden und gleichzeitig wird Alkalicyanid entstehen. Die Anionen zerlegen ebenfalls (bei geeigneter Anodenstromdichte) das dort befindliche Cyankupferkalium, indem sie Kupfercyanid bilden, das sich mit dem Anodenkupfer in bekannter Weise umsetzt. Werden die aus Leitsalzen ausgeschiedenen Anionen in kleiner Dichte ausgeschieden, dann können sie die größere und schwierigere Reaktion der direkten Kupferauflösung bewirken; sie bilden dann mineralsaure Kupferoxydsalze, die bei ungenügendem Cyankaliumgehalt des Bades eine Blaufärbung der Lösung verursachen, was besonders an der Anode bemerkt wird. (Eine Blaufärbung der Lösung kann aber auch durch Zersetzung von Cyankalium entstehen.)

Im allgemeinen werden bei richtigen Elektrodenstromdichten ebensoviele Atome Kupfer ausgeschieden, als durch die Vorgänge an der Anode neu gebildet werden, und es bilden sich ebensoviele Moleküle Cyankupferkalium zurück, als durch die Elektrolyse zersetzt wurden. Es ist somit auch bei diesen Bädern die Richtigkeit des Faradayschen Gesetzes und seine Anwendbarkeit auf die Elektrolyse bewiesen.

Die Vorgänge an der Anode bei cyankalischen Bädern sind nach Vorhergesagtem sehr komplizierter Natur, und muß es der Erfahrung des Elektroplattierers überlassen bleiben,

bei Eintreten irgendwelcher Erscheinungen und Übelstände stets die richtige Abhilfe zu finden.

Es erübrigt noch zu bemerken, daß das in der Technik benützte Cyankupferkalium bei der Analyse zeigt, daß es aus zwei Salzen zusammengesetzt ist, die sich auch durch ihre Kristallform sowie Löslichkeit unterscheiden; das käufliche Produkt ist also ein Gemisch zweier Salze, deren Zusammensetzung folgende ist:

$$KCuCy_2 \text{ und } K_3CuCy_4,$$

so daß man öfters auch von dem Additionsprodukt $K_4Cu_2Cy_6$ als dem wirksamen Salz spricht. Durch die Arbeiten von Hittorf aber wurde gezeigt, daß die Konstitution des Salzes $KCuCy_2$ ist, was er durch die Überführungen[1]) bestimmte und fand, daß das Salz in Ionen K und $CuCy_2$ gespalten ist, woraus sich auch die sekundäre Kupferabscheidung erklärt. Das Salz K_3CuCy_4 scheint in Lösung zu zerfallen in $KCuCy_2 + 2\,KCy$, was namentlich bei der üblichen Lösung dieses Salzes in warmem Wasser vor sich geht und ein Abkochen des fertigen Bades überflüssig erscheinen läßt.

Allgemeine Schlußfolgerung: Man verhüte nach Möglichkeit die Nebenreaktionen an den Elektroden, das heißt die Gasentwicklung, Schlammbildung usw. Tritt an der Kathode Gasentwicklung auf, so schwäche man den Strom mit dem Badstromregulator ab oder hänge Anodenfläche zu den Kathoden, um so entweder die Fläche zu vergrößern bei gleichbleibender Stromstärke, oder die Stromstärke bei gleichbleibender Fläche zu vermindern, wodurch in beiden Fällen die Stromdichte verringert wird. Die Nebenreaktionen an den Anoden sind durch zu große Stromdichten bedingt. Die Bildung von unlöslichen, die Stromzirkulation hemmenden Nebenprodukten ist durch zu große Anodenstromdichte bei kalter, konzentrierter Lösung verursacht, die Gasentwicklung an der Anode oder bei cyankalischen Bädern die Bildung von Cyanverbindungen der Metalloxyde durch zu große Strom-

---

[1]) Siehe Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, über die Wanderungen der Ionen während der Elektrolyse von W. Hittorf (1853—1859) I. und II. Hälfte.

dichten an der Anode. Die bei den einzelnen Elektroplattierungen angegebenen Stromverhältnisse sind die Resultate von Untersuchungen, denen die größtmögliche Stromausbeute bei möglichst konstant bleibender Badzusammensetzung zugrunde lag, und bei denen gleichzeitig die Metallniederschläge allen an sie gestellten Anforderungen Genüge leisteten.

Durch entsprechende Änderungen der Stromdichten lassen sich bei manchen Bädern viele und ganz feine Nuancierungen in den Eigenschaften der Niederschläge erzielen; behufs rascherer Elektroplattierung läßt sich auch überall eine viel höhere Stromdichte anwenden, was aber nach Vorhergesagtem immer eine viel raschere Veränderung der Badzusammensetzung verursacht und geringere Stromausbeuten gibt.

Zu bemerken wäre schließlich an dieser Stelle, daß Verfasser bestrebt war, nach Möglichkeit die Lösungen so herzustellen, daß die Ausscheidung des Metalles sekundär erfolgt. Zu diesem Zweck wurden zumeist Doppelsalze gewählt, die in konzentrierten Lösungen größtenteils in komplexe Ionen gespalten zu sein scheinen. Um die Dissoziation (das ist die Spaltung der Elektrolyte in die Ionen für das Doppelsalz) zurückzudrängen, wurden die Leitsalze zugesetzt, die immer einen größeren Dissoziationsgrad (annähernd gekennzeichnet durch die leichtere Löslichkeit) besitzen und so den Dissoziationsgrad des Doppelsalzes so herabdrücken, daß tunlichst nur komplexe Ionen entstehen, wodurch eben die Metallausscheidung sekundär erfolgt.

Stromdichte, Badspannung und Polarisation.

Zur Erzielung von brauchbaren Metallniederschlägen auf den zu plattierenden Gegenständen ist eine durch Versuche bestimmte, stets innezuhaltende Stromdichte erforderlich.

Unter Stromdichte ist die auf 1 qdm entfallende Stromstärke in Amper zu verstehen. Haben wir eine Kathodenfläche (Warenfläche) von q qdm in einem Bad zu elektroplattieren und zeigt das Ampermeter nach Einhängen der Ware

in das Bad einen Strom von J Amper an, so ist die angewandte Stromdichte

$$ND_{100} = \frac{J}{q} A;$$

ND_{100} ist als Abkürzung für »Normaldichte auf 100 qcm« gewählt.

Bei den meisten Bädern, die in der Elektroplattierung oder Galvanoplastik zur Erzielung festhaftender, polierfähiger und zäher Metallniederschläge Verwendung finden, schwankt die erforderliche Stromdichte, besser gesagt, die anwendbare Stromdichte zwischen 0,3 und 0,6 A. Nur selten und in ganz bestimmten Fällen sind Stromdichten von 1—1,5 A teils zulässig, teils erforderlich, z. B. bei der Kupfergalvanoplastik; es kommen aber auch Stromdichten bis zu 15 A in Anwendung, so bei der Schnellgalvanoplastik.

Aus Stromdichte (die bei den einzelnen Elektroplattierbädern stets angegeben ist) und der Größe der Warenfläche, die elektroplattiert werden soll, berechnet sich die notwendige Stromstärke für ein Bad. Sind die Gegenstände groß und gestaltet sich die Bestimmung der Warenoberfläche (die ja nur angenähert auszuführen ist) einfach, wie bei Blechen und anderen flachen Gegenständen, so ist der anzuwendende Badstrom J, wenn die Warenoberfläche q qdm und die nötige Stromdichte ND_{100} beträgt:

$$J = ND_{100} \times q A,$$

mit Worten: Der Badstrom ist gleich dem Produkte aus Stromdichte und Warenfläche in Quadratdezimetern.

Hat man kleine Gegenstände zu elektroplattieren, die dann meist auf geeignete »Warenhälter« im Bad den Anoden gegenüber gehängt werden, so rechnet man als Oberfläche, je nachdem die Gegenstände dicht oder zerstreut angebracht sind, nur einen gewissen Prozentsatz der durch Multiplikation von Länge l und Breite b der Aufhängevorrichtung erhaltenen Fläche. Es wird diese Fläche zwischen 20 und 50% der Fläche $b \times l$ schwanken.

Dieser Wert

$$b \times l = q$$

muß natürlich in Quadratdezimetern gemessen und zur Rechnung gebracht werden.

Sind mehrere Elektroplattierbäder von einer Stromquelle zu betreiben, so gibt die Summe der in eben geschilderter Weise berechneten Strombedarfe die Amperleistung der Stromquelle.

Beispiel: In einer Elektroplattieranstalt seien drei Bäder vorhanden, welche sämtlich zur Vernicklung von Eisenwaren bestimmt sind.

Die erforderliche Stromdichte sei 0,5 A, die vorgeschriebene Badspannung 2,5 V. In jedem Bad sollen maximal 80 qdm gleichzeitig vernickelt werden. Welche Stromleistung in Amper muß die erforderliche Dynamomaschine haben?

Da drei Bäder a 80 qdm betrieben werden sollen und jedes

$$80 \times 0{,}5 = 40 \text{ A}$$

zur Speisung braucht, so hat die Dynamomaschine

$$40 \times 3 = 120 \text{ A}$$

zu leisten.

Die zweite bei elektrolytischen Prozessen in Betracht zu ziehende Größe ist die Badspannung, das ist diejenige Spannungsdifferenz, die zwischen den Elektroden eines Elektroplattierbades herrschen muß, um die erforderliche Stromstärke durch die Badflüssigkeit zu schicken. Da die Stromdichte für jedes Bad gegeben ist, so ist die Badspannung nur noch von folgenden Faktoren abhängig:

I. Vom spezifischen Badwiderstand, bekanntlich der Widerstand eines Würfels von 1 dm Seitenlänge;

II. von der Größe der elektromotorischen Gegenkraft im Bad, die durch Polarisation hervorgerufen wird.

Bezeichnet man mit:

W_S = spezifischen Badwiderstand bei 18° C,
q = zu elektroplattierende Oberfläche der Ware in Quadratdezimetern,
l = Elktrodenentfernung (Kathode und Anode) in Dezimetern

(von der Polarisation sei hier vorerst abgesehen), dann ist der Widerstand der Badflüssigkeit:

$$W_B = \frac{W_S \times l}{q}.$$

Ist ferner die anzuwendende Stromstärke J Amper, so ist, um diese Stromstärke durch den Badwiderstand W_B zu treiben, an und für sich eine Spannungsdifferenz:

$$E = J \times W_B = \frac{J \times W_S \times l}{q} V$$

aufzuwenden.

Beispiel: In einem Silberbad, welches eine fast zu vernachlässigende Polarisation besitzt, seien Gegenstände mit einer Oberfläche von q = 50 qdm zu versilbern. Zur Berechnung der Badspannung gelten die Werte:

$$W_s = 0{,}8\ \Omega$$
$$\alpha = 0{,}036$$
$$l = 1{,}5\ \text{dm}$$
$$ND_{100} = 0{,}4\ A$$
$$t = 18^\circ;$$

folglich ist $J = 0{,}4 \times 50 = 20$ A der erforderliche Badstrom.

Der Widerstand der Badflüssigkeit zwischen den Elektroden beträgt:

$$W_B = \frac{0{,}8 \times 1{,}5}{50} = 0{,}024\ \Omega.$$

Es wäre demnach die erforderliche Badspannung:

$$E = 20 \times 0{,}024 = 0{,}48\ V.$$

Wäre die Temperatur des Bades nicht die angegebene, sondern etwa 21° gewesen, dann wäre eine geringere Badspannung nötig. Es wäre dann (siehe Kapitel: Praktische Maßeinheiten des elektrischen Stromes) der spezifische Badwiderstand bei 21°:

$$W_S = 0{,}8\ (1 - 0{,}036 \times 3) = 0{,}714\ \Omega,$$

mithin der Badwiderstand:

$$W_B = \frac{0{,}714 \times 1{,}5}{50} = 0{,}0214\ \Omega$$

und die Badspannung dementsprechend:

$$E = 20 \times 0{,}0214 = 0{,}429\ V.$$

Nun aber tritt bei der Berechnung des totalen Badwiderstandes aus dem spezifischen Widerstand und den Abmessungen des Bades noch eine Komplikation ein, das ist die Beein-

flussung der Größe des Badwiderstandes durch die auftretende Streuung der elektrischen Stromlinien.

Vorerst sei der Begriff der elektrischen Stromlinien noch näher erläutert.

So wie wir uns die Wirkung eines Magneten durch die Annahme der bereits erklärten Kraftlinien vor Augen führten und mit magnetischer Induktion die auf 1 qcm entfallende Anzahl solcher Kraftlinien bezeichneten, gerade so können wir mit dem Begriffe der elektrischen Stromlinien den Ausdruck Stromdichte sowie den Verlauf des Stromes in seinen Leitern erklären.

Aus früher Gesagtem wissen wir, daß man mit Amper die Stromeinheit, das Maß für die Stärke des Stromes, bezeichnet. Man versteht darunter eine bestimmte, bisher in noch keine Größe gekleidete Anzahl elektrischer Stromlinien, mit Stromdichte die auf 1 qdm der Elektrodenfläche entfallende Anzahl derselben. Es liegt die Annahme sehr nahe, daß der Verlauf dieser beiden Fluida, wie sie der magnetische und elektrische Strom sind, ebenso wie ihre Äußerungen ähnlich sind, auch der Verlauf ihrer Strömung denselben Gesetzen unterliegt. Man kann demnach annehmen, daß der Übergang der Stromlinien durch Elektrolyte sich ebenso vollzieht wie derjenige der Kraftlinien durch die Luft oder andere Gase, zumal die Elektrolyte (allgemein die Salzlösungen) den Gasgesetzen gehorchen.

Man vergleiche bloß den Magnetstab mit dem Leitungsdraht des elektrischen Stromes, die Luftschichte, die sich zwischen den beiden Polen eines Hufeisenmagneten befindet, mit dem zwischen den beiden Elektroden liegenden Elektrolyten.

Nehmen wir einen langen Magnetstab, so verläuft der magnetische Strom in einem großen Teil desselben geradlinig, die Induktion B des Magnetismus ist

$$B = \frac{N}{q},$$

wenn N die gesamte durch den Magnetstab stömende Kraftlinienzahl, q der Eisenquerschnitt in qcm ist.

Ebenso verläuft der elektrische Strom im kupfernen Leiter. Man spricht auch von einer »Stromdichte« und sagt, es soll für Leitungen von starken Strömen die auf 1 qcm entfallende Stromstärke 100 A nicht überschreiten. Eine andere Gestalt zeigt das Bild der Kraftlinien zwischen zwei Polen eines Hufeisenmagneten oder zwischen den beiden ungleichnamigen Polen zweier Stabmagnete, die mit diesen ungleichnamigen Polen einander gegenübergestellt werden.

Jedermann ist der Versuch bekannt, daß man auf eine Glasplatte, die man über zwei derartige Magnetstäbe gelegt und mit Eisenfeilspänen bestreut hat, eigentümliche Linienbilder erhält, die man als Kraftlinienbilder bezeichnet. (Siehe Figur 41.)

Die Kraftlinien treten nicht zwischen den Polflächen über, sondern auch seitlich aus den Magnetstäben aus, immer größere Bogen bildend und so den Übergang des Fluidums von einem zum andern Pol herstellend. Nur zwischen den parallelen und gleich großen Polflächen ist der Übergang geradlinig.

Man spricht beim Magnetismus von einer Streuung der Kraftlinien, und Verfasser will annehmen, daß man ebenso von einer Streuung der elektrischen Stromlinien in Elektrolyten sprechen kann, gestützt durch Beobachtungen an Elektrolyten.

Eine schon durch das Auge wahrnehmbare Erscheinung ist das eigenartige ungleichmäßige Auflösen von Anoden in den Elektroplattierbädern. Jedermann, der längere Zeit mit denselben Anoden gearbeitet hat, wird wahrnehmen, daß diese am unteren Teil und an den Rändern stärker angegriffen werden als auf den oberen Stellen, welche nahe an der Badoberfläche liegen; selbst die Rückseite der Anoden wird angegriffen und läßt sich aus der Größe der angegriffenen Fläche auf die Größe der Streuung schließen. Ebenso ist die stärkere Abnützung von Zinkplatten in galvanischen Elementen an den unteren Rändern nicht nur dadurch bedingt, daß die schwerere Lösung untersinkt, dort besser leitet, also auch mehr Stromlinien ihren Übergang finden, sondern größtenteils durch die Streuung der elektrischen Stromlinien!

Durch Messungen des Widerstandes, der Stromdichten und Badspannungen an Elektroplattierbädern hat Verfasser

gefunden, daß die Streuung der Stromlinien mit der Elektrodenentfernung wächst, hingegen mit größer werdenden Elektrodenflächen prozentual abnimmt.

Gerade diese Beobachtung gab zur Behauptung Veranlassung, daß der Stromdurchgang ebenso verläuft wie der Übergang der magnetischen Kraftlinien durch die Luft.

Für Elektroden gleicher Größe (also homogenes Stromlinienfeld) und je einer Fläche von 25 qdm bei einer Entfernung von 5—10 cm beträgt die Streuung durchschnittlich 10—20%, je nach der Badzusammensetzung.

Der Nutzen, der aus dieser Tatsache gezogen werden kann, ist aus folgendem sofort klar.

Durch die Streuung der Stromlinien wird der Querschnitt der Flüssigkeit, die den Strom zu leiten hat, größer in der Formel:

$$W_B = \frac{W_S \times l}{q},$$

also q größer, der Wert W_B kleiner.

Beispiel: Es sei für ein Elektroplattierbad

$$W_S = 2{,}5\ \Omega$$
$$t = 18^\circ,$$

die Elektrodenentfernung betrage 1 dm und der gesamte Querschnitt q der Kathode = 2 qdm. Der Einfachheit wegen sei ferner angenommen, daß die Anodenfläche gleich der Warenfläche sei.

Würde keine Streuung stattfinden, dann würde sich der Widerstand berechnen zu:

$$W_B = \frac{2{,}5 \times 1}{2} = 1{,}25\ \Omega.$$

Die Messung jedoch ergab $W_B = 1{,}04\ \Omega$.

Die Differenz: $1{,}25 - 1{,}04 = 0{,}21\ \Omega$ mußte also dem Wert der Streuung entsprechen, es mußte der Querschnitt im Mittel größer gewesen sein als angenommen.

Es war also q nicht mehr den angenommenen 2 qdm gleich, sondern:

$$2 \times \frac{1{,}25}{1{,}04} = 2{,}404\ \text{qdm},$$

mithin

$$W_B = \frac{2{,}5}{2{,}336} = 1{,}04\ \Omega.$$

Der nächste Faktor, der die Badspannung beeinflußt, ist die Gegenkraft, die durch Polarisation an den beiden Elektroden entsteht.

Man braucht zur Zersetzung eines Elektrolyten zwischen unlöslichen Elektroden eine bestimmte Minimalspannung, da die ausgeschiedenen Ionen, bevor sie entladen und in den molekularen Zustand übergehen, das Bestreben haben, sich wieder zu vereinigen.

Bei dieser Vereinigung wird, sofern sie stattfinden kann, ebensoviel Energie in Form von Elektrizität erzeugt, als zu ihrer Zersetzung nötig war.

Zersetzt man etwa zwischen Elektroden aus Platin oder Kohle eine Lösung von $CuSO_4$ (Kupfersulfat), so wird das an der Kathode ausgeschiedene Kupfer bestrebt sein, sich mit dem an der Anode ausgeschiedenen Schwefelsäurerest zu vereinigen, um wieder Kupfersulfat zu bilden; diese Kraft, die sich als eine dem Zersetzungstrom entgegenwirkende elektromotorische Kraft äußert und elektromotorische Kraft der Polarisation genannt wird, muß durch den Zersetzungsstrom überwunden werden, damit überhaupt eine Entladung der beiden Ionen $\overset{++}{Cu}$ und $\overset{--}{SO_4}$ erfolgen kann; erst dann wird metallisches Kupfer an der Kathode ausgeschieden werden, erst dann erfolgt, wenigstens bei $CuSO_4$ (Kupfersulfatlösung), die Zunahme der Stromstärke mit zunehmender Spannungsdifferenz.

Man unterscheidet in der Chemie exothermische und endothermische Prozesse; erstere sind solche, bei deren Verlauf Wärme frei wird, letztere solche, bei denen Wärme aufgebraucht (gebunden) wird. Man nennt die Einheit der Wärmemenge Kalorie und bezeichnet mit Grammkalorie diejenige Wärmemenge, welche nötig ist, um 1 g Wasser von 0° C auf 1° C, allgemein um 1° C zu erwärmen. So sind bei der Bildung von $CuSO_4$ (Kupfersulfat) aus Kupfer und Schwefelsäure 55960 g Cal nötig. Man braucht daher, um 63 g Kupfer in Kupfersulfat überzuführen, 55960 g Cal, eine Wärmemenge, welche ausreichen würde, um 55960 g Wasser um 1° C zu erwärmen.

Die Zahl 55960 nennt man die Wärmetönung des Kupfersulfates und notiert diesen Bildungsvorgang durch die Schreibweise:

$$(Cu, O, SO_3\ aq) = + 55960.$$

Aus der Wärmetönung, das ist also aus der zur Bildung aufgebrauchten oder bei derselben entstandenen Wärme-Energie kann man die zur Zersetzung nötige elektrische Spannung E berechnen, indem man die Wärmetönung Λ durch das Produkt aus der Zahl 23067 und der Anzahl a der vom Strom zu lösenden chemischen Valenzen (Bindungseinheiten) dividiert.

So löst der Strom bei der Zersetzung von Kupfersulfat zwei Bindungseinheiten

$$Cu = SO_4$$

es ist also a = 2, und die nötige Zersetzungsspannung E berechnet sich zu:

$$E = \frac{\Lambda}{a \times 23067} = \frac{+ 55960}{2 \times 23067} = + 1{,}21 V.$$

Name	Thermochemische Beziehung
Ammoniak	$(N, H_3) = + 11896$
Chlorkali	$(K, Cl) = + 105610$
Eisenchlorid	$(Fe_2, Cl_6, aq) = + 255420$
Eisenchlorür	$(Fe, Cl_2, aq) = + 99950$
Ferrosulfat	$(Fe, O, SO_3, aq) = + 93200$
Ferrisulfat	$(Fe_2, O_3, 3SO_3, aq) = + 224880$
Glaubersalz	$(Na_2, O, SO_3, aq) = + 186640$
Goldchlorid	$(Au, Cl_3, aq) = + 27270$
Kalilauge	$(K, O, H) = + 105610$
Kaliumsulfat	$(K_2, O, SO_3, aq) = + 195850$
Kochsalz	$(Na, Cl) = + 97690$
Kobaltsulfat	$(Co, O, SO_3, aq) = + 88070$
Kupferchlorid	$(Cu, Cl_2, aq) = + 65750$
Kupferchlorür	$(Cu_2, Cl_2, aq) = + 62710$
Kupfernitrat	$(Cu, O, N_2O_5, aq) = + 52410$
Kupfersulfat	$(Cu, O, SO_3, aq) = + 55960$
Natronlauge	$(Na, O, H) = + 102030$
Nickelchlorid	$(Ni, Cl_2, aq) = + 93700$

Name	Thermochemische Beziehung
Nickelsulfat	$(Ni, O, SO_3, aq) = + 86950$
Salpetersäure	$(N, O_3, H) = + 41510$
Salzsäure	$(H, Cl) = + 22000$
Schwefelsäure	$(S, O_4, H_2) = + 192910$
Silbernitrat	$(Ag_2, O, N_2O_5, aq) = + 16780$
Wasser	$(H_2, O) = + 68360$
Zinkvitriol	$(Zn, O, SO_3, aq) = + 106090$
Zinnchlorid	$(Sn, Cl_4, aq) = + 157160$
Zinnchlorür	$(Sn, Cl_2, aq) = + 81140$

So stehen die Verhältnisse bei Anwendung unlöslicher Anoden. Ganz anders ist dies bei Verwendung löslicher Anoden, wie dies in der Elektroplattierung der Fall ist.

Es sollen bei geeigneten Betriebsverhältnissen die Anionen an der Anode überhaupt nicht frei werden. Sie bleiben also im Ionenzustand und wirken als Ionen mit der ihnen anhaftenden Energie auf das Anodenmetall lösend ein, sobald die Anode mit dem ausgeschiedenen Anion eine im Wasser lösliche Verbindung geben kann. Bei Kupfersulfat wird, wenn als Anode Kupferblech gebraucht wird, durch die SO_4-Ionen Kupfer gelöst, unter Bildung von Kupfersulfat, wobei 55960 Cal frei werden. Die Anionen sind auf diese Weise unschädlich gemacht, man sagt, die Polarisation ist beseitigt. Wenn nun aber ebensoviel Energie zur Zersetzung von Kupfersulfat verbraucht wird, als beim Lösen der Kupferanode wieder erzeugt wird, so müßte die Zersetzungsspannung null sein, und es müßte sich für alle Elektroplattierbäder, welche lösliche Anoden haben, die Badspannung aus Badwiderstand und Stromstärke berechnen lassen.

Dies ist aber nicht der Fall, denn es läßt sich niemals die Polarisation ganz vermeiden; sie tritt immer, wenn auch mitunter in nur sehr geringem Maße auf und wächst mit steigender Stromdichte. Auch die einzelnen Metalle, die als Kathoden eingehängt sind, sind für die Größe der Polarisation maßgebend, und läßt sich die in einem Bad auftretende Polarisa-

tion ξ angenähert dadurch bestimmen, daß man das Bad mit einem Voltmesser von hohem Widerstand verbindet und die Zuleitung des Stromes zum Bad plötzlich unterbricht, wobei der Voltmesser für kurze Zeit die Polarisationsspannung angibt. Die Größe dieser elektromotorischen Gegenkraft ist von der angewendeten Fläche und Elektrodenentfernung unabhängig, und hat man in den verschiedenen Elektroplattierbädern die Größe ξ für alle Stromdichten experimentell bestimmt (am besten in Kurvenform gebracht), so läßt sich die für beliebige Stromdichten, alle Metalle und alle Elektrodenentfernung nötige Badspannung nach der Formel:

$$E = J \times W_B + \xi$$

leicht berechnen. In Fällen, in denen der Elektrolyt oxydierbare oder reduzierbare Salze enthält, ist überdies eine Oxydationskette vorhanden, welche die Polarisationswirkung des Elektrodenmetalls unterstützt.

Es bedeutet:

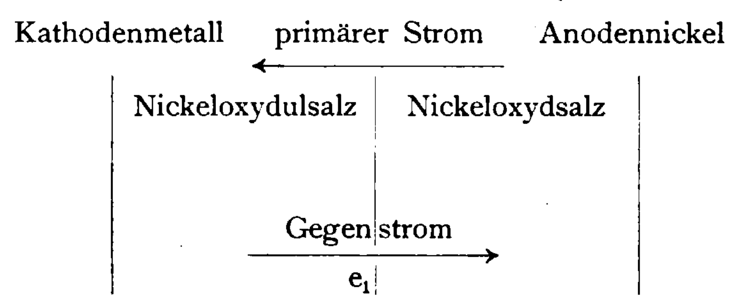
E = Badspannung,
J = Totaler Badstrom,
W_B = Totaler Badwiderstand mit Berücksichtigung der Streuung der elektrischen Stromlinien,
ξ = Polarisation (für jedes Metall und Stromdichte zu bestimmen).

Die bei den verschiedenen Elektroplattierbädern angegebenen Werte für ND_{100} und E sind für gleiche oder angenähert gleiche Elektrodenflächen bestimmt (Anoden = $^1/_2$ Warenfläche oder umgekehrt geben noch gleiche Resultate) und sind als Mittelwerte anzusehen. Die Stromausbeute ist jedoch nur bei angegebener Stromdichte richtig.

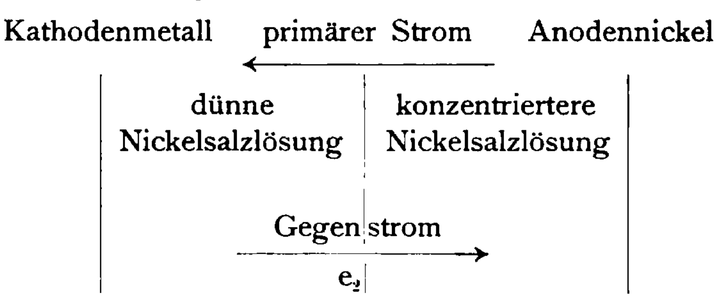
Die Ursache dieser Polarisation, besser gesagt, gegenelektromotorischen Kraft ξ ist jedenfalls zu suchen in den Oxydationen, denen manche Salzlösungen unterworfen sind, außerdem in den Konzentrationsänderungen an den Elektroden.

So dürfte der Wert der gegenelektromotorischen Kraft in Nickeloxydulsalzlösungen zwei Werten entsprechen.

1. der zu überwindenden EMK der Kette (chemische Kette):



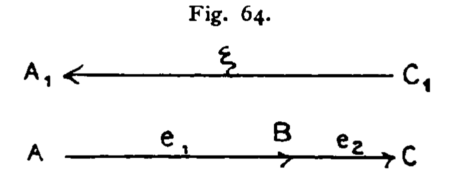
und 2. dem Betrag der EMK der Konzentrationskette:



Nachfolgend stellt Verfasser diese elektromotorischen Kräfte graphisch zusammen, um dem Leser zu zeigen, in welchem Verhältnis diese zueinander stehen.

Die beiden gegenelektromotorischen Kräfte e_1 und e_2 summieren sich in ihrer Wirkung und stehen in ungefähr dem Verhältnis, wie dies die Zeichnung in Figur 64 veranschaulicht.

Fig. 64.



Graphische Darstellung der elektromotorischen Vorgänge in einem Elektroplattierbad.

Es ist also

$$AB + BC = \xi,$$

das sind die durch die Experimente des Verfassers ermittelten Werte. Bei Bädern, welche solche Salze enthalten, welche nicht weiter oxydiert werden können, erscheint A—B als null und ist die Polarisationsspannung offenbar lediglich durch

das Vorhandensein der Konzentrationskette bedingt; je höher die Stromdichte, um so größer werden die Konzentrationsänderungen und desto größer auch die elektromotorische Kraft der Konzentrationskette werden.

Noch einfacher, zum mindesten durchsichtiger gestaltet sich die Berechnung der Badspannung, wenn man die Stromdichte einführt.

Wir sehen in der Formel

$$E = J \times W_B + \xi,$$

wie sich die Größe der Badspannung E als die Summe zweier Spannungen darstellt. Die Polarisationsspannung ξ ist für eine gegebene Stromdichte unabhängig von der Größe der Elektrodenflächen und deren Entfernung voneinander, sie ist bloß für die verschiedenen Metalle verschieden und steigt dabei bekanntlich mit wachsender Stromdichte.

Nun ist der Badwiderstand für eine beliebige Elektrodenentfernung und Elektrodenfläche

$$W_B = \frac{W_S \times l}{q},$$

folgt also dem Ohmschen Gesetz, er ist dem Querschnitt q der stromleitenden Badflüssigkeit umgekehrt, der Länge des darin zurückzulegenden Weges l direkt proportional, ebenso wie dem spezifischen Badwiderstand W_S. Wir können also auch schreiben:

$$E = \frac{J \times W_S \times l}{q} + \xi.$$

Betrachten wir den ersten Wert der Summe, so finden wir bald, daß sich die Gleichung in der Weise vereinfachen läßt, daß wir für $\frac{J}{q}$ den bekannten Ausdruck Stromdichte setzen können, schreiben daher die Formel anders:

$$E = ND_{100} \times W_S \times l + \xi.$$

Beispiel. Für ein Bad mit dem spezifischen Widerstand
W_S = 2,5 Ω, sei die anzuwendende Stromdichte
ND_{100} = 0,5 A und die Elektrodenentfernung
l = 30 cm = 3 dm. Die Polarisation sei bei dieser Stromdichte:

$$= \xi \quad 2{,}1 \text{ V}.$$

Da wir das Beispiel als für die Temperatur 18° C durchführen wollen, entfällt jede Korrektion des spezifischen Badwiderstandes.

Es wird also die Badspannung einen Wert erreichen

$$E = 0{,}5 \times 2{,}5 \times 3 + 2{,}1,$$

das ist

$$E = 3{,}75 + 2{,}1 = 5{,}85 \text{ V}.$$

Zu bemerken ist auch da wieder, daß in Wirklichkeit durch die Streuung der Stromlinien der spezifische Badwiderstand scheinbar sinkt, etwa um 10 %, daher sich eine Badspannung von

$$E = 0{,}5 \times 2{,}25 \times 3 + 2{,}1 = 5{,}47 \text{ V}$$

ergibt, wobei sich der Wert 2,25 durch Verminderung des Wertes 2,5 um 10 % also 2,5—0,25 erklärt.

Somit ist eine theoretische Methode gegeben, um für alle Fälle leicht und rasch die Badspannung im voraus festzustellen.

Über das Festhaften der elektrolytischen Metallniederschläge auf metallischer Unterlage.

Während in der Galvanoplastik, d. h. in der Anwendung der Elektrolyse zur Herstellung selbständig für sich bestehender metallischer Körper die elektrolytischen Niederschläge auf nichtmetallischer Unterlage hergestellt oder von leitend gemachten Unterlagen abgelöst werden und aus diesem Grunde entsprechende Vorkehrungen getroffen werden, die das Loslösen der Metallniederschläge von der Unterlage erleichtern, wird bei der elektrolytischen Metallplattierung stets besonderer Wert darauf gelegt, daß die Metallniederschläge auf der metallischen Unterlage haften, d. h. sich gewissermaßen mit der Unterlage an der Berührungsstelle legieren. Es entstehen bekanntermaßen Legierungen vorzugsweise dann, wenn Metalle in geschmolzenem Zustande miteinander vermengt werden, und zwar in demjenigen Gewichtsverhältnis, das der zu erzielenden Legierung entspricht. Es ist also der flüssige Aggregatzustand der Metalle für die Möglichkeit der Legierungsbildung eine fast ebenso wichtige Vorbedingung wie das Vorhandensein eines flüssigen Lösungsmittels bei der Herstellung von flüssigen Salzlösungen.

Es steht nun aber ganz außer Zweifel, daß Metalle, wenn für deren innige Berührung gesorgt wird, Legierungen zumindest an solchen Berührungsflächen bilden, wenn die Temperatur der sich berührenden Metalle noch weit von deren Schmelzpunkt entfernt ist. Je näher nun die Temperatur der beiden Metalle an den Schmelzpunkt des einen bzw. an den Schmelzpunkt ihrer Legierung rückt (die oft weit unter dem Schmelzpunkt jedes einzelnen Metalles liegen kann), um so größer wird die Tendenz zur Legierungsbildung.

Schon eine relativ kleine Temperaturzunahme wird für ein Metall, dessen Schmelzpunkt (bzw. Schmelzpunkt der Legierung mit dem Unterlagsmetall) verhältnismäßig niedrig liegt, eine stark steigende Tendenz zur Legierungsbildung bedeuten.

Man muß vor allem berücksichtigen, daß unser thermometrischer Eispunkt bereits 273° C über dem sog. absoluten Nullpunkt liegt, d. h. der wirkliche Nullpunkt, wie wir ihn z. B. im kalten Weltenraum annehmen müssen, liegt 273° C tiefer als der Gefrierpunkt des Wassers.

Sagt man z. B., wir befinden uns bei einer Temperatur von 10° Kälte oder — 10° C, so entspricht dies noch immer einer absoluten Temperatur von 273 — 10 = 263°. Erst bei 273° C unter dem Gefrierpunkte des Wassers tritt eine völlige Erstarrung aller unter normalen Verhältnissen flüssig oder gasförmig bekannten Stoffe (Atmosphärendruck vorausgesetzt) ein.

Betrachten wir einmal das uns wohlbekannte Bleimetall unter diesem Gesichtswinkel, so finden wir, daß das Blei bei 0° C, also bei einer absoluten Temperatur von 273° C. schon recht nahe an seinen Schmelzpunkt kommt. Blei schmilzt bekanntermaßen bei einer Temperatur, die 330° C über dem Gefrierpunkt des Wassers liegt, also bei einer absoluten Temperatur von 273 + 330 = 603°. — Bei einer mit unseren üblichen Thermometern gemessenen Temperatur von etwa 28,5° C ist also das Blei bereits am halben Wege zur Verflüssigung. Jede weitere Temperatursteigerung bringt eine weitere Auflockerung des Gefüges zuwege — sie bringt den Aggregatzustand des Metalles seinem Verflüssigungspunkt immer näher, bis endlich beim Schmelzpunkt selbst die das feste Gefüge bestimmenden, die einzelnen Moleküle

des Metalles zusammenhaltenden Kräfte der (die lockeren Moleküle der Bleimasse nach dem Gesetz der Schwere bewegenden) Schwerkraft nicht mehr standhalten können. Das Metall wird bei diesem Punkte angelangt flüssig — es schmilzt.

Wir kennen nun alle die sich außerordentlich leicht bildenden Legierungen des Quecksilbers, die Amalgame. Quecksilber ist nun schon bei normaler Zimmertemperatur flüssig, denn es schmilzt schon bei 39° C unterhalb des Gefrierpunktes des Wassers, also bei einer absoluten Temperatur von 273 — 39 = 234° C. Bei einer Temperatur z. B. von 50° C unter unserem Eispunkt würde die Tendenz zur Bildung von Legierungen (Amalgamen) mit anderen Metallen wie Gold, Silber, Kupfer, Ammonium etc. ungefähr ebensogroß sein wie die des Bleies, etwa bei der Temperatur des siedenden Wassers (100° C).

Ähnlich wie beim Blei oder Quecksilber liegen nun auch die Verhältnisse bei den anderen Metallen. Grundbedingung für die Möglichkeit einer Legierungsbildung überhaupt ist eine metallisch innige Berührung der eine Legierung bilden sollenden Metalle. Bei der Herstellung von Legierungen auf dem Wege des Schmelzens ist also z. B. jeder nicht rein metallische Überzug wie Oxyde, Carbonate etc. schädlich.

Will man nun auf elektrolytischem Wege durch Auftragen eines Metalles auf ein Grundmetall an ihrer Berührungsfläche ein Legieren, „Verschweißen", also Festhaften erzielen, so muß man vor allem auf eine absolut reine metallische Fläche des zu überziehenden Metalles bedacht sein. Spuren von Fett, oxydische Anläufe u. dgl. sind ungemein schädlich und verhindern das Festhaften, also das Legieren.

Schlägt man z. B. auf einer vollkommen rein metallischen Eisenunterlage elektrolytisch Zink nieder, so tritt schon bei gewöhnlicher Zimmertemperatur ein teilweises Ineinanderwachsen der durch den Strom an der reinen Eisenfläche ausgeschiedenen Zinkkristalle mit den feinen Eisenkristallen der Unterlage ein. An geeignet ausgeführten Schliffen lassen sich mikroskopisch diese Tatsachen sehr hübsch veranschaulichen. Auch bei der Vernicklung des Eisens, Kupfers etc. tritt diese Erscheinung auf, natürlich wird sich z. B. auf dem

gleichzeitig duktileren und gleichzeitig mit niedrigerem Schmelzpunkt ausgerüsteten Kupfer diese Legierungsmöglichkeit schon bei kleinerer Temperatur ergeben, wie beispielsweise bei der Vernicklung des Eisens oder gar des Stahles.

Schon lange hat man die Tatsache erkannt, daß durch Erhitzen elektrolytisch mit Metallen überzogener Metallgegenstände ein intensives Festhaften, ein Verbinden der beiden Metalle stattfindet, und aus Vorstehendem ist ja ohne weiteres der Schluß zu ziehen, warum dem so ist. Nachstehend seien die Metalle in einer Tabelle nach ihrem Schmelzpunkt geordnet, und zwar sind in der 1. Spalte die Schmelztemperaturen bezogen auf den Gefrierpunkt des Wassers angeführt; in Spalte 2 auf den absoluten Nullpunkt; Spalte 3 gibt die Verhältniszahl

$$\frac{\text{Metalltemperatur bei } 18^\circ \text{ C}}{\text{Schmelzpunkt bezogen auf den absoluten Nullpunkt.}}$$

Je größer dieser Wert für ein Metall oder eine Legierung ist, um so größer wird (andere Verhältnisse ganz außer acht lassend) bei gleicher Duktilität (Härte) einem anderen Metall gegenüber seine Tendenz sein, sich mit einem anderen Metall, welches elektrolytisch abgeschieden wurde, oberflächlich zu legieren.

Metall	Schmelzpunkt über dem Gefrierpunkt des Wassers	Schmelzpunkt bezogen auf den absoluten Nullpunkt	Bei + 18°C ist die erreichte Schmelztension*)
Quecksilber	— 39	+ 234	124 %
Selen	217	490	59 %
Zinn	232	505	57,5 %
Wismut	268	541	53,5 %
Thallium	290	563	51,5 %
Cadmium	320	593	49 %
Blei	330	603	48 %
Zink	415	688	42 %
Antimon	425	698	41,5 %

*) Entsprechend dem Verhältnis: $\frac{\text{Zimmertemperatur}}{\text{Schmelztemperatur absolut}}$.

Metall	Schmelzpunkt über dem Gefrierpunkt des Wassers	Schmelzpunkt bezogen auf den absoluten Nullpunkt	Bei + 18°C ist die erreichte Schmelztension
Arsen	600(?)	873	33 %
Aluminium	654,5	927,5	31,5 %
Magnesium	750	1023	28,5 %
Silber	954	1227	23,5 %
Gold	1035	1308	22 %
Kupfer	1054	1327	21,8 %
Eisen	1400	1673	17,4 %
Nickel	1450	1723	16,8 %
Palladium	1500	1773	16,4 %
Platin	1780	2053	14,2 %
Kobalt	1800	2073	14 %
Mangan	1900	2173	13,4 %
Osmium	2500	2773	10,5 %

Es sollen nun noch zwei Tabellen über die Härte (Duktilität) der Metalle folgen, und so kann man sich an manchem Beispiel selbst ein Bild darüber machen, wie man verfahren muß, um einen Gegenstand aus beliebigem Material durch geeignete Zwischenlage anderen Metalles mit einem beliebigen Metallüberzug (festhaftend) zu überziehen.

Härtenummern der Metalle

aus der Tabelle von Rydberg.

Metall	Härte	Metall	Härte
Chrom	9,0	Aluminium	2,9
Osmium	7,0	Silber	2,7
Silicium	7,0	Wismut	2,5
Mangan	5,0	Zink	2,5
Palladium	4,8	Gold	2,5
Eisen	4,5	Cadmium	2,0
Platin	4,3	Selen	2,0
Arsen	3,5	Magnesium	2,0
Kupfer	3,0	Zinn	1,8
Antimon	3,0	Blei	1,5

Tabelle der absoluten Härte der Metalle*),

d. h. Eindringungsfestigkeit für eine Linse von 1 mm Radius und eine ebene Fläche des gleichen Stoffes; in kg pro qmm der durch die Deformation entstandenen Druckfläche oder näher bezeichnet derjenige Grenzdruck, bei welchem in spröden Körpern der erste Sprung auftritt, resp. an den sich plastische Körper anpassen:

Blei	10	Messing	107
Zinn	11	Bronze	127
Aluminium	52	Kupfer, gehärtet	143
Silber	91	Stahl, weich	280
Kupfer	95	„ mittel	360
Gold	97	„ hart	500

Die zu überziehende Oberfläche eines Metallgegenstandes soll nun nicht aber bloß metallisch rein sein, damit das Festhaften, also die Legierungsbildung erleichtert wird, sondern man muß auch für eine möglichst große und keinesfalls spiegelblanke Unterlage Sorge tragen. Es ist klar, daß, je größer die Berührungsfläche ist, um so größer die Adhärenz werden wird. Am besten sind also aufgerauhte Unterlagen oder auf galvanischem Wege hergestellte rauhe Zwischenlagen.

Man darf nun nicht annehmen, daß stets unbedingt vollkommen reine Metalle elektrolytisch ausgeschieden werden, sondern die Verhältnisse werden leicht dadurch kompliziert, daß mit dem aus wässeriger Lösung abzuscheidenden Metall hauptsächlich Wasserstoff mitfällt, der dem Niederschlagsmetall eine weit größere Härte verleiht, als dem reinen Metall entspricht. Es ist einleuchtend, daß man darauf bedacht sein muß, wenn man auf ein Festhaften des Metallniederschlages auf seiner Unterlage reflektiert, möglichst reine Metalle auszuscheiden und vor allem sich solcher Lösungen bzw. Präparate zu bedienen, die nach wissenschaftlichen Grundsätzen derart bereitet sind, daß bei der Elektrolyse möglichst wasserstofffreie Metalle ausfallen. Nur zu oft hört man die Klage, daß die elektrolytischen Niederschläge nicht genügend

*) Nach F. Auerbach, Landold-Börnstein, Physikalisch-chemische Tabellen, pag. 56.

haften, und fast immer rührt der Übelstand daher, daß den galvanischen Bädern Präparate zugesetzt wurden, ohne daß man sich über die dadurch heraufbeschworenen Übelstände auch nur annähernd ein Bild machen konnte. Die Langbein-Pfanhauser Werke halten für diese Zwecke stets einige wissenschaftlich gebildete Herren beschäftigt, damit Bäderkorrekturen sachgemäß vorgenommen werden, denn es ist selbst den gebildetsten Spezialisten oftmals nur mehr schwer möglich, unrichtige Zusätze bzw. deren schädliche Wirkung wieder zu beseitigen.

Über die Ausscheidung von Metall-Legierungen durch Elektrolyse.

Es würde weit den Rahmen dieses Buches überschreiten, wollte der Verfasser die wissenschaftlichen Ansichten über kathodenpotentiale Beeinflussung der Dissoziation zweier oder mehrerer Metall-Salzlösungen in einem Gemisch derselben und die damit zusammenhängenden Erscheinungen bei der Ausscheidung von Metall-Legierungen bestimmter Zusammensetzung auf elektrolytischem Wege eingehend behandeln. Wir wollen uns daher mit einer dem Zweck dieses Buches entsprechenden kurzen Besprechung der einschlägigen Verhältnisse begnügen. An anderer Stelle wurde bereits der Begriff „Zersetzungsspannung“ von Salzlösungen behandelt, und sei wiederholt, daß die zur Zersetzung einer bestimmten Salzlösung in seine Anionen und Kationen erforderliche Minimalspannung für jedes Metall und für jeden Säurerest, der an das Metallkation angelagert ist, feststeht. Die Differenz in der Zersetzungsspannung des Zinksulfates und des Kupfersulfates beruht z. B., da die Energie, die zur Abscheidung des Schwefelsäurerestes für beide Salze die gleiche ist, lediglich in der Ungleichheit der zur Abschreibung des Zinkes bzw. des Kupfers erforderlichen Energie. Es werden also nur solche Metalle nebeneinander glatt auszuscheiden sein, für welche die gleiche Stromarbeit an der Kathode erforderlich ist. Man greift daher vielfach in der Galvanostegie zu komplexen Salzen, d. h. zu Salzen, in denen das abzuscheidende

Metall nicht direkt gemäß der Dissoziation des Metallsalzes in Schwermetallkationen und Säureanionen zur Entladung an der Kathode kommt, sondern in denen das Metall in einem Anionenkomplex enthalten ist, während das wandernde, primär zur Entladung kommende Kation ein Leichtmetall ist, das sekundär die Schwermetalle aus den die Kathode umgebenden Lösungsschichten abscheidet. So kann man durch geeignete Zusammensetzung eines Messingbades unter Zuhilfenahme der Cyankalium-Doppelsalze des Kupfers und Zinks erreichen, daß an der Kathode ankommende K^{+} (Kaliumion) in ganz bestimmten Verhältnissen Kupfer und Zink als Messing oder Tombak abscheidet.

Je nachdem, ob ein sich entladendes Kaliumion mehr Kupfersalz als Zinksalz in der Nähe der Kathode vorfindet oder umgekehrt, wird die erzielte Niederschlagslegierung mehr Kupfer oder mehr Zink vorfinden und die Farbe der Legierung demgemäß schon variieren.

Ähnlich verhält es sich bei Legierungen von Nickel und Kupfer oder Nickel und Zinn, Zink und Cadmium in schwachsaurer Lösung. In diesen Fällen spielt aber das Verhältnis der angewendeten Salzmengen innerhalb des Lösungsgemisches noch eine ganz wesentliche Rolle, und es gehört mit zu den schwierigsten Aufgaben des Elektrochemikers, die Mischungsverhältnisse der Metallsalze neben geeigneten Leitsalzen zu bestimmen, bei welchen unter Anwendung bestimmter Stromdichten und Einhaltung gewisser Temperaturgrenzen mit Sicherheit eine bestimmte Legierung zweier oder mehrerer Metalle ausfällt.

Zu den Metall-Legierungen zählen wir nun auch die Legierungen der elektrolytisch sich ausscheidenden Metalle mit dem gasförmigen Wasserstoff. Wasserstoff verhält sich, obschon in normalem Zustande nur als Gas bekannt, doch wie ein Metall, wir können es als das leichteste und mit dem niedrigsten Schmelzpunkt behaftete Metall ansprechen, kein Wunder daher, daß es sich nur zu leicht mit den Metallen legiert, und fast alle elektrolytisch niedergeschlagenen Metalle enthalten oft nicht unbedeutende Mengen Wasserstoff. Eigentümlich ist die Tatsache, daß solche Wasserstoff-Legierungen

sich durch besondere Härte auszeichnen und die Duktilität des mit ihm legierten Metalles ganz bedeutend vermindern, anders gesprochen: der Wasserstoffgehalt einer solchen Legierung steigert die absolute Härte des Metalls ganz bedeutend.

Reines wasserstofffreies Eisen (durch Glühen bei ca. 800° C aus Elektrolyteisen hergestellt!) hat eine absolute Härte von ca. 60. Mit geringen Mengen Wasserstoff legiertes Elektrolyteisen hat eine absolute Härte von 95 und mit dem Maximum von Wasserstoff legiertes Eisen (durch Elektrolyse hergestellt) kann bis zu einer absoluten Härte von 220 bis 250 gebracht werden. Diese außerordentliche Härte hat den elektrolytischen Eisenniederschlägen den Namen „Stahl" verschafft, ohne daß diesem „Stahl" das den Stahl charakterisierende Quantum Kohlenstoff innewohnt.

Ebenso wie Elektrolyteisen nehmen nun auch alle anderen Metalle Wasserstoff auf und macht sich diese Wasserstofflegierung hauptsächlich bei solchen Metallen unliebsam bemerkbar, welche an und für sich schon eine bedeutende absolute Härte besitzen, wie z. B. das Nickel. Aber auch Kupfer und Messing, Zink, Zinn usw. nehmen ganz bedeutende Mengen davon auf, und da die galvanischen Metallniederschläge um so schlechter haften, je weniger duktil sie sind bzw. je größer ihre absolute Härte ist, so muß man natürlich darauf bedacht sein, die Aufnahme von Wasserstoff tunlichst zu verringern.

Die Langbein-Pfanhauser Werke, A.-G. Leipzig, bringen nun z. B. präparierte Nickelsalze nach dem D. R. P. 134736 in den Handel, die neben anderen wichtigen Metall- und Leitsalzen äthylschwefelsaure Salze enthalten. Es hat sich herausgestellt, daß der Äthylschwefelsäure-Rest zu seiner Abscheidung ein kleineres Spannungsgefälle benötigt (er hat ein kleineres Anodenpotential) als der gewöhnliche Schwefelsäure-Rest. Außerdem besitzt das in den Nickelbädern angewendete Nickelammonsulfat gegen Nickelmagnesiumäthylsulfat ein weit schwereres Anionenkomplex. Es übernimmt dort also das Kation $\overset{+}{NH_4}$ den Hauptteil des Leitvermögens. Es hat ferner eine relativ größere Wanderungsgeschwindigkeit und es wird aus all dem resultieren, daß unter sonst gleichen Verhält-

nissen in den gewöhnlichen Nickelbädern mehr Ammoniumionen an der Kathode zur Entladung kommen, gegenüber primärer Nickelausscheidung. Es scheint ferner, daß die Differenz in den Kathodenpotentialen zwischen Nickel und Ammonium (bzw. Wasserstoff) in den mit äthylschwefelsauren Salzen bereiteten Bädern größer ist als in den Bädern mit gewöhnlichen schwefelsauren Salzen. Dadurch wird aber wieder die Aufnahme bzw. das Mitabscheiden von Wasserstoff an der Kathode verringert, und wir finden ein ganz hervorragend duktiles Nickel als Resultat aus solchen Nickelbädern. Daß diese Nickelniederschläge ganz besonders gut haften, braucht nicht erst erwähnt zu werden, wenn man die größere Duktilität gleichbedeutend mit einer kleineren absoluten Härte in Betracht zieht.

Besonders auffallend liegen die Verhältnisse bei der normalerweise in elektrolytischen Eisenbädern (ob warm oder kalt verwendet!) erzielten Eisenwasserstofflegierung. Die Entladepotentiale von Wasserstoff und Eisen liegen in den möglichen Eisensalzlösungen durchwegs so nahe beisammen, daß es nur durch Anwendung besonderer »Kniffe« gelingt, eine wasserstoffarme Eisenfolie elektrolytisch herzustellen. Das Eisen nimmt besonders leicht Wasserstoff auf, und Verfasser konnte beobachten, daß z. B. Eisendrähte oder Eisenbleche, die kathodisch in einer Wasserstoff während der Elektrolyse reichlich abscheidenden Lösung nach kurzer Zeit so viel Wasserstoff aufnahmen, daß man die vorher vollkommen duktilen Eisendrähte usw. gleich dem härtesten Stahl bei geringer Beanspruchung auf Biegung brechen konnte.

Es würden noch manche interessante Phänomene hier besprochen werden können, doch würde dies das Volumen des Handbuches zu sehr vergroßern.

Die Struktur der elektrolytischen Metallniederschläge.

Zweifellos sehen wir in den elektrolytischen Metallniederschlägen eine kristallinische Metallansammlung vor uns. Jedes durch den elektrolytischen Vorgang zur Abscheidung ge-

langende Metallatom bzw. Molekül wird sich an dem Punkte ansetzen, wo die von der Anode ankommende Stromlinie an der Kathode auftrifft. Gerade so wie nun beim Kristallisationsvorgang um so größere Kristallindividuen sich ausbilden, wenn der Kristallisationsvorgang langsam und aus Lösungen geeigneter Konzentration vor sich geht, kleinere Kriställchen dagegen bei plötzlichem Ausfallen der den Kristall bildenden Teilchen fester Substanz entstehen, wird auch beim elektrolytischen Ausfällen der Metalle aus ihren mehr oder minder konzentrierten Lösungen ein gröberer oder feinerer kristallinischer Kristallbelag entstehen. Für gewöhnlich, d. h. bei den in unseren galvanischen Bädern gebräuchlichen Stromdichten sind die Kristalle mikroskopisch klein, und man kann eigentlich nur aus mancherlei physikalischem Verhalten solcher Metallniederschläge zurückschließen, daß ein solcher Belag aus einzelnen, mit der einen Kristallachse in der Richtung der Stromlinien zur Anode wachsenden Kristallansammlung besteht. Es läßt sich nun beobachten, daß die Kristallindividuen um so größer werden, je langsamer ihre Ausfällung vor sich geht. Im allgemeinen wird man die Ausscheidungsgeschwindigkeit, die vermutlich mit der Wanderungsgeschwindigkeit der zur Kathode wandernden Kationen, wenn man nicht verschiedenartige Metallsalze zu diesen Versuchen heranzieht, zusammenhängt, nicht besonders variieren können. Es ist jedoch außer Zweifel, daß in Lösungen, in denen die Wanderungsgeschwindigkeit der Kationen, die ausgeschieden werden, verschieden groß ist, auch die einzelnen Kristallindividuen bei gleicher Metallkonzentration an der Kathode verschiedenartig sind. Ein merkbarer Unterschied tritt nun aber sofort ein, wenn man Lösungen verschiedener Metallkonzentration untereinander in ihren Resultaten vergleicht. Aus konzentrierter Lösung werden die Kristalle allgemein kleiner, aus dünner Lösung größer. Man kann erreichen, daß z. B. aus dünner Kupfersulfatlösung bei Einhaltung mäßiger Stromdichten schöne, flimmernde Kupferkristalle ausfallen. Man muß aber vermeiden, die durch die gesetzmäßig auftretende Verdünnung der Metallkonzentration an der Kathode sich bildende metallarme Schicht zu schnell mit der umgebenden Lösung zu ver-

mengen, denn sofort würde dann ein feines Kristallgefüge entstehen.

Will man also ein feines Kristallgefüge erhalten, so muß man für konzentrierte Lösung, hohe Wanderungsgeschwindigkeit des Kations und gute Durchmischung, eventuell Erwärmen der Lösung Sorge tragen.

Grobe Kristalle werden entstehen, wenn die Ausscheidung aus verdünnter Lösung erfolgt, wenn die Lösung vollkommen in Ruhe belassen wird, wenn sie zähe ist, wenn also alle Faktoren ausgeschaltet werden, die zu einer Durchmischung oder Strömung der die Kathode umspülenden Flüssigkeit beitragen könnten. Selbstredend spielt dann auch die Stromdichte eine bedeutende Rolle, denn je höher die an der Anode oder Kathode angewandte Stromdichte ist, um so mehr wird sich eine Strömung den Elektroden entlang bemerkbar machen, die ebenfalls die Diffusion unterstützen würde. Die Zähigkeit der Lösung ist ferner eine wichtige Eigenschaft, die dem Durchmischen der verschieden konzentrierten Lösungsschichten ebenfalls entgegentritt.

Eine weitere Möglichkeit, die Abscheidungsgeschwindigkeit wenigstens relativ zu verlangsamen, um große Kristallindividuen zu erzeugen, kann in rein chemischen Vorgängen gesucht werden. Kann das sich ausscheidende Metall mit der die Kathode umgebenden Metallsalzlösung chemisch reagieren, d. h. kann das sich ausscheidende Metall die Lösung der in der Oxydstufe befindlichen Metalle zur Oxydulstufe reduzieren, indem es sich selbst wieder löst, dann entstehen ebenfalls große Kristalle. So hat Verfasser aus einer Lösung, die Zinnchlorür neben Zinnchlorid enthielt, Zinnkristalle bis zu 5 cm Länge erhalten.

Glänzende Metallniederschläge. Der Wunsch, glänzende elektrolytische Metallniederschläge direkt aus der Lösung zu erhalten, besteht schon lange, doch sind die Resultate bislang recht wenig befriedigend gewesen. Es wäre natürlich eine immense Ersparnis, wenn man z. B. Nickelniederschläge erhalten könnte, die man nicht mehr zu polieren brauchte, oder Silberniederschläge, die man nicht zu kratzen und darauf zu polieren hätte. Immerhin kann man einige

Erfolge in dieser Richtung dadurch erzielen, wenn man den Betrieb dementsprechend gestaltet.

Ein aus England stammendes Hilfsmittel, z. B. Silberniederschläge glänzend aus dem Bade zu erhalten, besteht in der Anwendung von Schwefelkohlenstoff in der Lösung. Zu diesem Zwecke wird dieses Produkt in ganz geringen Mengen den cyankalischen Silberbädern zugesetzt (siehe Kapitel Versilberung). Die Wirkung dieses Produktes beruht auf den gleichen Ursachen wie z. B. die Wirkung gelatinöser Zusätze*) oder anderer Substanzen wie Glykoside (nach Patent Classen). Zuckerarten usw., allgemein gesprochen, haben kolloidal gelöste Substanzen die Eigenschaft, mit dem Strom zu wandern, der durch die Lösungen hindurchgeht, und es entsteht dadurch an der Kathode eine für den Strom durchlässige Wand, die nur einen schmalen mit Elektrolyt gefüllten Spalt zwischen ihr und dem zu überziehenden Gegenstand beläßt. Die durch solche Zusätze relativ zähe gemachte Lösungschicht um die Kathode erschwert nun ganz bedeutend die Diffusion der Salzlösung nach der Kathode, und es bildet sich bald eine an Metall verarmte Schicht aus, die bei ruhigem Stehen der Lösung auch so lange erhalten bleibt, als der konstante Strom wirkt. So finden wir naturgemäß, daß die dauernde Wirkung nur dann erreicht wird, wenn die gemachten Zusätze sich während des Betriebes nicht zersetzen, also die Zähigkeit und Diffusion eine konstante Größe bleibt, und wenn außerdem eine bestimmte untere Grenze der angewendeten Stromdichte bzw. Badspannung eingehalten wird.

Um nun aus solchen Lösungen die Fällung glänzender Metallniederschläge zu erklären, wird Verfasser eine wohl jedem Galvanotechniker bekannte Erscheinung beschreiben.

Umrahmt man eine graphitierte Wachsmatrize mit Glasstreifen zum Zwecke der Verhütung von Randknospen im Kupfergalvanoplastikbad und exponiert solche Kathoden im Kupferplastikbade, so findet man, daß das Kupfer nach Entfernen der Glasplatten eine glänzende Schnittfläche darstellt dort, wo es an diese Glasstreifen sich anlegte. Die bei der

*) Z. B. nach Patent Betts.

Entladung der Kupfermoleküle aus den Atomen des Kupfers nach bestimmten Kristallachsen sich aufbauenden Kupferkristalle finden in ihrem Wachstum gegen die Glaswand ein Hemmnis, und die Kristalle sind daher gezwungen, nach den anderen freien Richtungen (nach den anderen Achsenrichtungen der betreffenden Kristallform) sich auszubilden, d. h. sich parallel zur Glaswand zu verbreiten, so daß sich eine Kristallfläche senkrecht zu einer die Glasfläche schneidenden Achsenrichtung des Kristallsystems ausbildet.

Analog liegt der Fall, wenn eine zähe, die Diffusion erschwerende Lösungsschicht oder eine durch beliebige Hilfsmittel zu erzeugende Haut vor der Kathode lagert, die ein Wachstum der einzelnen Kristalle in der Richtung der Stromlinien erschwert bzw. verhindert. So sehen wir z. B. bei Zink- oder Nickelbädern lediglich durch Anwendung hoher Stromdichten eine Erhöhung des Glanzes elektrolytischer Niederschläge vor sich gehen, besonders wenn eine Durchmischung der Lösung vermieden wird.

Man kann sich daher ohne weiteres erklären, warum konzentrierte Lösungen höhere Stromdichten erfordern, um gleichzeitig glänzende Niederschläge zu erzielen, während man in verdünnten Lösungen nur bei vorsichtigem ruhigen Arbeiten und Einhaltung kleinerer Stromschichten die zur Herstellung glänzender Niederschläge günstigen Bedingungen schafft.

Man hat aber immer das richtige Verhältnis zwischen Zähigkeit der Lösungen, Diffusionsgeschwindigkeit, Verarmung der Kathodenumgebung gemäß der angewandten Stromdichte einzuhalten und für die Erhaltung der das Wachstum der Metallkristalle in der Richtung der Stromlinien verhindernden Schicht während des Betriebes zu sorgen.

Einer eigentümlichen Erscheinung, durch Zusätze von leicht reduzierbaren Substanzen glänzende Niederschläge zu erreichen, sei hier noch gedacht. Es scheint, daß durch Gegenwart von solchen Substanzen an der Kathode, sofern diese durch teilweises Auflösen von niedergeschlagenem Metall in ihre Oxydulstufe verwandelt werden, speziell bei harten Metallen wie Nickel u. ä. glänzende Niederschläge resultieren, doch dürfte auch die molekulare Kristallform für das betreffende

Metall mitbestimmend sein, daß sich anstatt großer Kristallindividuen in der Stromlinienrichtung glatte Flächen senkrecht zu dieser ausbilden.

Das Endresultat ist für das Auge abermals eine glänzende Fläche, die sich aus einzelnen aneinander gereihten planen Kristallflächen des niedergeschlagenen Metalles zusammensetzt.

Metallschwamm. Die Bildung des Metallschwammes ist nach Ansicht des Verfassers keiner speziellen Ursache zuzuschreiben, die keinesfalls bei allen Lösungen oder Metallen typisch zu sein braucht. Der Metallschwamm im eigentlichen Sinne des Wortes darf nicht verwechselt werden mit tendritischen Metallfällungen, wie solche durch übermäßig hohe Stromdichte entstehen. Am meisten untersucht wurde die Schwammbildung in Zinkbädern, aber auch bei allen anderen weichen Metallen begegnen wir der gleichen Erscheinung. Der Metallschwamm stellt eine Metallansammlung mit besonders feinem verästelten Gefüge dar und gleicht in seinen Eigenschaften einer durch besondere Vorgänge aufgelockerten Substanz.

Da die Metallschwammbildung besonders den Metallen mit niedrigem Schmelzpunkt eigen ist, bzw. den Metallen mit kleiner absoluter Härte, so dürfte die Annahme berechtigt erscheinen, der Metallschwammbildung das Entstehen einer Metallegierung mit Alkalimetallen zuzuschreiben, welche sich speziell bei den vorgenannten Metallen in wässeriger Lösung leicht bilden kann. Diese, z. B. Natiumlegierungen der Metalle: Zink, Blei, Zinn, Quecksilber usw. sind in wässeriger Lösung sehr unbeständig, sie geben das Alkalimetall (z. B. mit abgeschiedenem Natium!) unter Bildung von Ätzalkali leicht ab und lockern dabei den abgeschiedenen Niederschlag auf. Um diese Metallschwammbildung bei solchen Metallelektrolyten zu vermeiden, muß man aber nach Tunlichkeit den Zusatz von Alkalisalzen mit hohem Leitvermögen vermeiden, bzw. solche Metallsalze verwenden, aus denen das Metall selbst unter Anwendung eines kleineren Potentiales möglich ist gegenüber dem Potential, das zur primären Entladung des Alkali-Metallions an der Kathode erforderlich ist.

Aus sauren Lösungen wird nach vorstehendem begreiflicherweise weit weniger leicht Metallschwamm entstehen wie

aus alkalischen Lösungen. Es ist ferner noch die Annahme möglich, daß ein schwammiger Metallniederschlag durch kathodische Reduktion von an die Kathode gewandertem Metallhydroxyd entsteht, doch neigt Verfasser mehr zur erstausgesprochenen Anschauung, da ihm diese Ansicht zurzeit mehr als jede andere verschiedene Beobachtungen erklärt, die er in seiner Praxis angestellt hat.

Die Form pulveriger Metallabscheidungen scheint eine andere zu sein als die der vorerwähnten Schwammbildungen. Bei der pulverigen Ausscheidung des Nickels oder Eisens usw. aus alkalisalzfreien Elektrolyten konnte analytisch stets ein ganz bedeutender Gehalt an Gasen festgestellt werden und neigt Verfasser zur Ansicht, daß es sich hier um verhältnismäßig langsam geplatzte Metallansammlungen handelt, die natürlich ein verästeltes lockeres Gefüge haben. Man beobachtet auch stets, daß nach längerem Betriebe auch dieses pulverige Metallgefüge gefestigt wird, weil nach Ansammlung größerer Mengen solchen Metallpulvers die Kathodenoberfläche zunimmt, während die Stromdichte relativ wieder sinkt. Das zuerst pulverig abgeschiedene Metall wird dann mit einem unter wieder normal gewordenen Stromdichten abgeschiedenen Metall überzogen. Ein für galvanotechnische Zwecke brauchbarer Niederschlag ist es aber nicht mehr, denn eine Glättarbeit, wie z. B. das Polieren, das ist das Abschleifen vorstehender Metallkristallspitzen, verträgt eine solche Metallablagerung nicht mehr.

Streuung der Stromlinien in Elektrolyten.

Von elektrolytischen Metallniederschlägen, wie diese in der Galvanostegie gebräuchlich sind, verlangt die Technik, daß diese an den verschiedenen Warenpartieen annähernd gleiche Dicke erreichen, was wieder mit sich bringt, daß das »Decken« des Grundmetalles mit dem Veredlungsmetall an allen Partieen möglichst gleichzeitig zu erfolgen hat. Speziell an komplizierter gestalteten, profilierten Objekten macht sich in vielen Elektroplattierbädern, die eine empirische unrichtige Zusammensetzung besitzen, die Tatsache bemerkbar, daß die

Massenverteilung des elektrolytisch ausgeschiedenen Metalles äußerst unregelmäßig wird. So z. B. sind hohle Körper in den meisten solcher Bäder nur unter Anwendung von Hilfsanoden im Innern gleichmäßig zu elektroplattieren, und sehr wenige Bäder gestatten in solchem Falle die Verwendung plattenförmiger Außenanoden, ohne daß die äußeren Partieen durch allzu starke Metallfällungen unansehnlich oder ganz unbrauchbar würden, die Innenflächen jedoch den gewünschten widerstandsfähigen Niederschlag erhalten. Selbstredend ist man stets an ein praktisches Maximum gebunden, denn besonders tiefe Objekte größeren Inhalts können im Inneren solide nur mit Hilfsanoden elektroplattiert werden, eventuell sogar nur unter Zuhilfenahme eines besonderen Rheostaten, der die Potentialdifferenz zwischen Innenraum des Objektes und den Hilfsanoden so zu regulieren erlaubt, daß die gleiche Stromdichte wie an den Außenflächen erzielt wird.

Die höchsten Anforderungen aber stellt die Technik an die Brauchbarkeit einer Badzusammensetzung, wenn es sich darum handelt, an profilierten und hohlen Objekten eine Legierung zweier oder mehrerer Metalle von bedeutend verschiedenartiger Lösungstension abzuscheiden, wie z. B. Kupfer und Zink als Messingniederschlag. Um dies durchführen zu können, hat man Bäderzusammensetzungen mit guter Stromlinienstreuung zu konstruieren. Bezüglich des Begriffs Stromlinienstreuung vertritt der Verfasser eine eigene Anschauung, die nicht nur in der Galvanostegie und Galvanoplastik, sondern in der allgemeinen Elektrochemie anwendbar ist, was den Verfasser in dem Glauben bestärkt, für die Erscheinung des gleichmäßigen Arbeitens von Elektroplattierbädern die richtige Lösung gefunden zu haben. Jeder, der mit galvanotechnischen Arbeiten zu tun hatte, kennt die Tatsache, daß vorspringende Ecken, ferner Kanten und Spitzen, selbst ganze Flächenteile, welche den Anoden näher hängen, in der gleichen Zeit bedeutend stärkere Metallauflage erhalten als den Anoden abgewendete Kathodenteile. Der Beobachter wird sich nun leicht erklären, daß dies seinen Grund in dem Umstande hat, daß das Stromlinienfeld (analog einem Kraftlinienfeld zwischen zwei Enden eines magnetischen Kraftlinienstromkreises) nicht auf der

ganzen Fläche der Ware homogen ist, d. h. der in Betracht kommende Leitungsquerschnitt innerhalb des Elektrolyten erhält nicht überall die gleiche Stromlinien-Induktion oder Stromliniendichte (pro Flächeneinheit), sondern eine variable.

Einen recht passenden Vergleich möchte Verfasser in der magnetischen Luftinduktion einer Dynamomaschine geben. Die in einer Dynamomaschine pro Polpaar wirksame Kraftlinienzahl, die von einem Schenkel des Magnetgehäuses zum Anker übertritt, ist bekanntlich nur in dem Teil des Luftzwischenraumes gleichmäßig verteilt, der vom Polschuh der Maschine und den Ankerblechen gebildet wird; an den Rändern dieses Zwischenraumes treten die Kraftlinien in einem Bogen aus, Pol und Ankereisen miteinander magnetisch verbindend. Dadurch wird der aus den Maschinenabmessungen errechenbare magnetische Leitungsquerschnitt in Luft um etwa 20% (in normal gebauten Maschinen) vergrößert, die mittlere Induktion dementsprechend verringert. Die Analogie ist nun leicht zu finden. Die Elektroden stellen Pol und Ankerblech vor, der Elektrolyt zwischen den Elektroden entspricht dem Luftzwischenraum in der Dynamomaschine. Die Ränder der Anoden und Kathoden erhalten eine höhere Stromliniendichte, resp. Stromlinienzahl, weil sich der elektrische Leitungsquerschnitt dort vergrößert, und ist das stärkere Anwachsen der Metallfällungen einerseits, eine stärkere Auflösung der Anodenränder anderseits erklärlich. Von dieser Tatsache läßt sich nun aber in der Galvanotechnik vielfach Gebrauch machen, und sei nur auf die Verstärkung der Auflageflächen der Eßbestecke in der Gewichtsversilberung verwiesen, wo durch nichtleitende, zwischengelegte Blenden die Stromlinien in gewünschter Weise auf die Kathodenpartieen verteilt werden. Handelt es sich hingegen darum, z. B. eine ebene Fläche gleichmäßig stark zu elektroplattieren, so hat man ein homogenes Stromlinienfeld zu schaffen dadurch, daß man einen Rahmen aus nichtleitendem Material vor die zu plattierende Fläche hängt, den Rahmenausschnitt so regelt, daß der verbleibende Zwischenraum zwischen dem der direkten geradlinigen Stromlinienwirkung entzogenen Fläche und dem

Blendenrahmen den Stromlinienweg in der Weise vergrößert (in bezug auf die durch den Rahmen gedeckten Kathodenteile), daß das Potentialgefälle Rahmen-Innenrand und Kathodenflächen-Außenrand gleich dem Potentialgefälle wird, welches dem homogenen Stromlinienfeld zwischen der abblendenden Rahmenfläche und Kathodenfläche zukommt. Auch durch Herumlegen eines Metallstückes entsprechender Form um den Warenrand, wodurch die gestreuten Stromlinien nach außen verlegt werden, ist der gleiche Zweck zu erreichen.

Das Bestreben des Verfassers war seit langem darauf gerichtet, eine Erklärung für die Erscheinung der Stromlinienstreuung zu finden, und ließ die Materialsammlung eine plausible Anschauung schaffen, die nachstehend zusammengefaßt sei. Es war die Tatsache auffallend, daß saure Lösungen schlechter streuten als neutrale oder alkalische, bzw. cyankalische, und lag die Annahme nahe, den Wasserstofftonen eine bestimmte Modifikation der Metallausscheidung zuzuschreiben. Verfassers Ansicht geht dahin, die Größe der Entladepotentialdifferenz als ein Maß für die Stromlinienstreuung anzuzehen, und er fand diese Ansicht an der Hand der Erscheinungen bestätigt. Ist $p\varkappa'$ das Entladepotential der abzuscheidenden Metallionen, $p\varkappa''$ das der Leitsalzkationen, so ist die in Frage kommende Differenz

$$\Delta p\varkappa = p\varkappa'' - p\varkappa'.$$

Ist der Badwiderstand der Lösung W und die zur Überwindung Ohmschen Widerstandes nötige Potentialdifferenz p_0, so streut die Lösung auf eine solche Strecke in den Hohlraum von Kathoden, resp. um eine solche Strecke, welche der Kathoden-Entladepotentialdifferenz gleichkommt. Es besteht somit der Gleichgewichtszustand

$$\Delta p\varkappa = i \cdot W = p_0,$$

und die gestreuten Stromlinien auf einem bestimmten Flächenstück der Kathode, für die der Totalwert i einzuführen wäre, ist

$$i = \frac{\Delta p\varkappa}{W} = \frac{p\varkappa'' - p\varkappa'}{W}.$$

Nachdem der Badwiderstand W sich aus der Elektrodenentfernung l in Dezimeter und dem spezifischen Badwiderstand W_s in Ohm berechnen läßt mit

$$W = \frac{W_s \cdot l}{q},$$

worin q der Leitungsquerschnitt in Quadratdezimetern ist, so ist die an jedem einzelnen Flächenstück jeweilig herrschende Stromliniendichte

$$\frac{i}{q} = ND = \frac{\Delta p \varkappa}{W \cdot q} = \frac{\Delta p \varkappa}{l \cdot W_s},$$

d. h. es entfallen um so mehr gestreute Stromlinien auf ein Flächenstück, je größer die Differenz der Kathoden-Entladepotentiale ist, je kleiner die Elektrodenentfernung, resp. das Verhältnis der Elektrodenentfernungen (bezogen auf den der Anode entferntesten Punkt und den ihr nächstliegenden Punkt der Kathode) und je kleiner der spezifische Badwiderstand ist. Nachdem aber die Elektrodenentfernung aus praktischen Gründen nicht überall so klein, als nötig wäre, zu nehmen ist, hat man in der Art der Ionisierung und der Art der Bestandteile einer Lösung sowie in der Größe des spezifischen Badwiderstandes ein Mittel, die Streuung derart voraus zu bestimmen, daß das betreffende Bad wirklich in Hohlräume und Überbiegungen herum usw. arbeitet.

Am schwierigsten gestaltet sich diese Arbeit bei der Aufstellung der Rezepte für ein Messingbad. Praktische Versuche haben ergeben, daß das saure schwefligsaure Natron $NaHSO_3$ neben freiem Ammoniak NH_3 ein Salz ist, bei dessen Zusatz die gleichzeitige schöne Ausscheidung von Kupfer und Zink als Messing ermöglicht wird, denn die Kathodenentlade-Potentialdifferenz beträgt nämlich in solcher Lösung nur etwa 0,075 Volt, und ist das Entladepotential des Zinkes kleiner als das des Kupfers.

Auch die vielfach vertretene allgemeine Angabe ist nicht stichhaltig, daß bei schwächerem Strome rötliches Messing, bei höheren Stromdichten grünliches Messing resultiert, sondern maßgebend ist die Stellung des Kupfers zum Zink in der Größe ihrer Kathoden-Entladepotentiale. Das leitende Kation

ist in Messingbädern vorzugsweise K˙. Ist die Differenz der Entladepotentiale K und Cu größer als die von K und Zn, so erhalten wir grünliches Messing und an den Rändern, vorspringenden Teilen usw. entsteht eine rötlichere Messinglegierung; im umgekehrten Falle ist rötliches Messing erhältlich, und nur Stellen mit hoher Stromdichte werden gelb.

In einer Lösung, welche saures schwefligsaures Natron neben Ammoniak enthielt, war es möglich, Rohre von ziemlich enger Öffnung selbst im Innern tadellos zu vermessingen, und wird sich jedermann überzeugen können, daß bei Weglassung der schwefligen Säure, die allerdings etwas Blausäure in Freiheit setzt (aus den Cyandoppelmetallprodukten), die gleichmäßige, schöne Messingfarbe nicht zu erreichen ist. Ähnlich liegt der Fall beim cyankalischen Kupferbad, und ist die Tatsache bemerkenswert, daß diese Niederschläge glänzend aus dem Bade kommen, speziell ist dies beim Kupfer interessant, während bekanntlich bei dem aus sauren Lösungen ausgeschiedenen Kupfer kristallinisches Gefüge erkenntlich ist. Die aus cyankalischen Bädern erhaltenen Niederschläge besitzen hingegen eine kleinere Zugfestigkeit, was durch die Annahme des Wasserstoffgehaltes erklärlich erscheint.

Interessant ist die Verringerung der Stromlinienstreuung in Nickelbädern durch ganz geringe Zusätze freier Mineralsäure, was durch das Vorhandensein von Wasserstoffionen erklärlich wird, welche sich leichter entladen als die Nickelkationen, demnach in vertieften Stellen die Nickelausscheidung gänzlich vereiteln. Eine große Rolle spielt endlich bei der Stromlinienstreuung auch noch die elektrische Leitfähigkeit des Niederschlagsmetalles im Verhältnis zu der des Materiales, das elektrolytisch mit dem anderen Metall überzogen werden soll. So z. B. macht sich diese Erscheinung ganz besonders bei der Galvanoplastik auf Wachsformen und dergleichen fühlbar. Diese Formen überziehen sich um so gleichmäßiger mit dem Niederschlagsmetall, je kleiner die Potentialdifferenz zwischen der leitend gemachten Oberfläche der Form und dem Niederschlagsmetall ist. Man muß dort mit kleinen Stromdichten arbeiten, wenn man erreichen will, daß sich Metall auch in den tiefer liegenden Partien der Form ab-

scheiden soll. Um einen Ausgleich der Verhältnisse herbeizuführen, wird daher in solchen tiefen Formen die „Fühler-Zuleitung“, das sind die den Strom vermittelnden Drähte, nach einem tiefer liegenden Punkt der Form geleitet, damit der Niederschlag von der Tiefe der Form heraus wächst. Aus dem gleichen Grunde auch pflegt man in der Schallplattentechnik die „Shells“, das sind die Kupfernegative, die von der Originalwachsmatrize abgenommen werden, von innen heraus wachsen zu lassen und nicht umgekehrt von außen nach innen. Würde man letztere Methode wählen, dann würden sehr leicht Stellen am Niederschlag bleiben, die nicht mehr zuwachsen, es sind dies die die Nebengeräusche verursachenden »wolkigen« Stellen, die oft erst nach tagelangem Hängen im Bade zugehen. Neben der Streuung der Stromlinien spielt die chemische Kette

Kupfer | Kupfersulfat-Schwefelsäure | Kohle (Graphit)

insofern eine Nebenrolle, als an und für sich schon ein gewisses Potential erforderlich ist, um auf Kohle (Graphit) Kupfer metallisch zu entladen. So könnte noch manches Beispiel angeführt werden, doch bleibt es dem wissenschaftlichen Galvanotechniker vorbehalten, aus diesen Erscheinungen für seine Prozesse Nutzen zu ziehen.

Abhängigkeit von Stromdichte und Badspannung und deren Konstanthaltung durch den Badstromregulator.

Wir wissen, daß sich die Badspannung ganz allgemein aus zwei Werten summarisch zusammensetzt, nämlich der elektromotorischen Kraft, die zur Überwindung der Polarisation nötig ist, und derjenigen zur Überwindung des Ohmschen Widerstandes im Bad unter Berücksichtigung der Streuung der Stromlinien.

Da Spannung, Widerstand und Stromstärke durch das Ohmsche Gesetz in einfache Beziehung zueinander gebracht wurden, so ist es leicht, auch für Badspannung und Stromdichte eine gültige Abhängigkeit zu finden, womit dem langbestehenden Bedürfnis der Praxis, die Bestimmung der Waren-

oberfläche zu vereinfachen oder ganz zu umgehen, entsprochen wird.

Es ist bekannt, daß eine bestimmte Stromdichte eingehalten werden muß, wenn man immer den gleichen Niederschlag erhalten will, denn nur bei einer bestimmten Stromdichte (10—20 % nach auf- und abwärts schaden noch nicht) erfolgt die elektrolytische Abscheidung so, wie es die weitere Bearbeitung erfordert.

Es läßt sich ja aus den Angaben eines Ampermessers, wenn die zu plattierende Warenfläche bekannt ist, leicht die Stromdichte ermitteln, man braucht eben dann nur in jede Badleitung einen Ampermesser einzuschalten und den Strom derart zu regeln, daß der Ampermesser die richtige Amperzahl angibt. Besitzt aber der zu plattierende Gegenstand eine kompliziertere Form, so daß die Flächenmessungen mit Schwierigkeiten verknüpft sind, so muß man zu anderen Mitteln greifen, um die richtige Stromdichte zu schaffen, und da greift die Beziehung zwischen Stromdichte und Badspannung helfend ein.

Im Voltmesser, der die Badspannung leicht zu messen gestattet, ist uns ein Instrument gegeben, das die auf der Ware herrschende Stromdichte unter sonst bestimmten Verhältnissen kontrolliert; zeigt der Voltmesser die bei den Bädern angegebene Badspannung, dann herrscht auf der Ware auch die verlangte Stromdichte, was durch nachfolgenden Beweis klargelegt werden möge.

Angenommen, wir hätten ein Bad zwischen zwei Elektroden, welche 1 dm voneinander entfernt sind, und welche je 1 qdm Oberfläche besitzen; schicken wir durch das Bad eine Stromstärke von 1 A, so ist dies in unserem Fall auch gleichzeitig die Stromdichte, da wir ja 1 qdm Fläche eingehängt haben. Der Widerstand der Badflüssigkeit zwischen den beiden Elektroden ist gleichzeitig auch der spezifische Badwiderstand, da gerade ein Würfel von 1 cbdm als Widerstand vorhanden ist.

Vergrößern wir nun die Elektrodenflächen auf je 2 qdm, lassen aber die Stromdichte sich gleich bleiben (1 A), so brauchen wir 2 A, denn dann ist wieder:

$$ND_{100} = \frac{J}{q} = \frac{2}{2} = 1 \text{ A},$$

die Stromdichte (ND_{100}) ist also gleich geblieben. Haben wir dabei die Entfernung der Elektroden gleich gelassen, so wurde durch Verdopplung der Flächen der totale Badwiderstand auf die Hälfte herabgesetzt, denn es bietet sich jetzt dem Stromdurchgang der doppelte Elektrolytenquerschnitt dar. War der spezifische Badwiderstand z. B. 3 Ω, so war im ersteren Fall auch der Badwiderstand 3 Ω, im zweiten Fall wird der Badwiderstand die Hälfte, das sind:

$$\frac{3\,\Omega}{2} = 1{,}5\ \Omega$$

geworden sein, wenn wir der Einfachheit wegen von der Streuung der Stromlinien absehen wollen.

Im ersten Fall brauchten wir zur Überwindung des Ohmschen Widerstandes eine Spannung von:

$$E = J \times W_B = 1 \times 3 = 3\,\text{V}.$$

Im zweiten Fall:

$$E = J_1 \times W_{B_1} = 2 \times 1{,}5 = 3\ \text{V},$$

wenn W_B den ganzen Badwiderstand bezeichnet.

Da die elektromotorische Gegenkraft der Polarisation bei gleicher Stromdichte gleich bleibt, so sehen wir, daß durch Konstanthalten der Badspannung bei gleichbleibender Elektrodenentfernung die Stromdichte auf dem gleichen Betrag erhalten wird.

Erhöhen wir die Badspannung, so wird die Stromdichte wachsen, was natürlich schädlich ist, sobald die maximal zulässige Stromdichte überschritten wird.

Die Vergrößerung der Stromdichte mit wachsender Badspannung erhellt aus folgender Überlegung:

Verwenden wir die gleichen Werte wie im früheren Beweis, so wissen wir, daß wir bei einer Badspannung von 3 V, einer Elektrodenentfernung von 1 dm und einer Elektrodenfläche von je 1 qdm bei angewandter Stromstärke von 1 A die Stromdichte = 1 A erhielten. Steigern wir nun aber

die Badspannung auf 6 V, so wird bei gleichbleibendem Badwiderstand 3 Ω die Stromstärke anwachsen, und zwar nach dem Ohmschen Gesetz:

$$J = \frac{E}{W} = \frac{6}{3} = 2\,A.$$

Da aber die Elektrodenflächen gleich groß (1 qdm) geblieben sind, so hat sich durch Verdopplung der Badspannung auch die Stromdichte verdoppelt. Praktisch wird die Stromdichte nicht genau den doppelten Wert erreichen, da ja mit wachsender Stromdichte auch die Polarisation etwas (allerdings nicht sehr bedeutend) größer wird.

Aus alledem geht hervor, daß ein Regulierwiderstand für jedes Elektroplattierbad notwendig ist, der es ermöglicht, diejenige Badspannung, welche die gewünschte Stromdichte bewirkt, bei allen möglichen großen und kleineren Flächen auf der gleichen Höhe zu erhalten. Somit ist die Frage der Kontrolle der Stromdichte in einem Elektroplattierbad durch Anwendung des Voltmessers und eines Badstromregulators, wie man diese zu nennen pflegt, gelöst.

Es kann diesem Badstromregulator im allgemeinen nur die Aufgabe zufallen, die Badspannung auf einen bestimmten Wert zu regulieren, wenn die Netzspannung, das ist die in der Hauptleitung der Anlage herrschende Spannung, durch den Nebenschlußregulator der Dynamomaschine (siehe Regulierung der Klemmenspannung bei Dynamomaschinen) oder bei Elementbetrieb durch den Hauptstromregulator konstant gehalten wird.

Würde dies nicht geschehen, würde man die Klemmenspannung der Stromquelle sich steigern lassen, dann müßten die Badstromregulatoren von vornherein für größere Regulierbereiche konstruiert werden, was aber eine Erhöhung der Anlagekosten verursachen würde.

Während nun, wie bereits mehrmals darauf hingewiesen wurde, die Konstanthaltung der Netzspannung dem Maschinenwärter oder in kleineren Anlagen dem mit der Maschinenwartung betrauten Arbeiter zufällt, haben die im Bäderraum angestellten Arbeiter, denen die Beaufsichtigung und Be-

schickung der Bäder obliegt, die Aufgabe, die Badspannung mit Hilfe des Badstromregulators auf dem für jedes Bad vorgeschriebenen Wert zu erhalten.

Man ersieht daraus, daß es für einen rationellen Betrieb Erfordernis ist, jedes Bad mit einem Badstromregulator zu versehen und zur Ablesung der Badspannung mit einem Voltmesser in Verbindung zu setzen. Es ist zweckmäßig, jedes Bad mit einem eigenen Voltmesser zu verbinden, man kann aber auch sparsamerweise für je zwei oder mehrere Bäder einen Voltmesser anbringen, muß aber durch einen geeigneten »Voltumschalter« das Instrument nach Belieben an jedes einzelne Bad anlegen können. Der besseren Übersicht wegen ist anzuraten, für jedes Bad einen besonderen Voltmesser zu verwenden, der dann nach Figur 65 mit dem Bad verbunden wird. Es bedeuten:

a b die beiden Leitungsstangen der Netz- oder Hauptleitung,
BR den Badstromregulator (schematisch),
B das Elektroplattierbad,
VM den Voltmesser, der die Badspannung angibt.

Die Wirkungsweise der Badstromregulatoren ist die gleiche, wie wir sie im Kapitel »Regulieren des Stromes« besprochen haben; sie haben lediglich den Zweck, die Netzspannung E derart zu verringern, daß die zur Erreichung der verlangten Stromdichte nötige Badspannug E_1 erzielt wird. Die Stromstärke, die durch das Elektroplattierbad, mithin auch durch den Badstromregulator fließt, im Verein mit der zu vernichtenden Spannung gibt uns eine elektrische Energie, welche dadurch, daß sie von den Drahtwindungen des Regulators vernichtet werden soll, in diesen in Wärme umgesetzt wird.

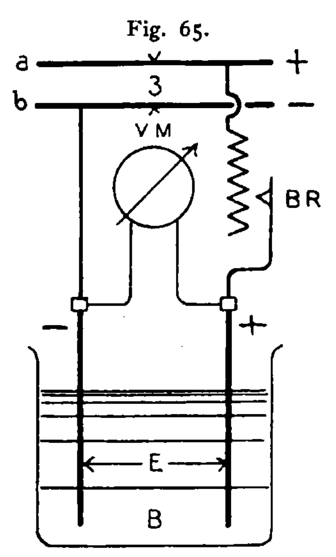
Wird daher ein solcher Badstromregulator durch die Vernichtung einer größeren Energie, besser gesagt, Umwandlung einer größeren elektrischen Energiemenge in Wärmeenergie stärker beansprucht, als für die er berechnet war, so wird Gefahr vorhanden sein, daß sich die Erwärmung der Drahtverbindungen bis zum Abschmelzen der Drähte steigert.

Der in Badstromregulatoren auftretende Energieverlust ist:

$$J\ (E - E_1),$$

wobei J der Badstrom, E die Netzspannung und E_1 die Badspannung ist. Wird also die Größe ($E-E_1$) dadurch vergrößert, daß man die Netzspannung ansteigen läßt, was ja bei Dynamomaschinen, wenn sie bedeutend geringer als mit Maximalleistung beansprucht werden, geschieht, sofern nicht mit dem Nebenschlußregulator die Erregung des magnetischen Feldes geschwächt wird, so tritt die eben besprochene Gefahr der Zerstörung der Widerstandsdrähte ein. Verfasser will an dieser

Fig. 65.



Anschluß eines Elektroplattierbades an die Hauptleitung.

Stelle nochmals auf die Wichtigkeit hinweisen, die Maschinenwartung und Regulierung der Netzspannung auf einen konstanten Wert einem verläßlichen, mit der Dynamomaschine und den Nebenapparaten vertrauten Mann zu übertagen.

Selbstredend sind für ganz kleine Elektrodenflächen oder für große Mißverhältnisse zwischen Anoden- und Warenfläche die bei den einzelnen Elektroplattierbädern angegebenen Badspannungen nicht anwendbar, da dann die Streuung der Stromlinien so bedeutend wird, daß der Voltmesser keine Kontrolle mehr für die richtige Stromdichte ist.

Bei ganz kleinen Gegenständen, wie Nadeln und ähnlichen, wird durch die gleiche Badspannung eine bedeutend größere Stromdichte erzielt; denn verringert sich durch eine große

Streuung bei diesen kleinen Flächen der Badwiderstand, so wird bei gleicher Badspannung die Stromdichte höher werden. Auch bei Gegenständen wie Scheren, Messern usw. wird oft wahrgenommen, daß bei richtiger allgemeiner Stromdichte die Schneiden unschön elektroplattiert werden, »sie brennen an«, sagt der Praktiker. Auch diese Erscheinung läßt sich durch Streuung der Stromlinien erklären, es herrscht eben dort eine verhältnismäßig höhere Stromdichte als an den anderen glatten Flächen, man muß die ganze Stromdichte verringern, so weit, bis an den Kanten und Schneiden trotz der auftretenden Streuung die Stromdichte noch nicht das zulässige Maß überschreitet; dies erreicht man durch Herabsetzung der Badspannung.

Anschluß der Bäder an die Hauptleitung.

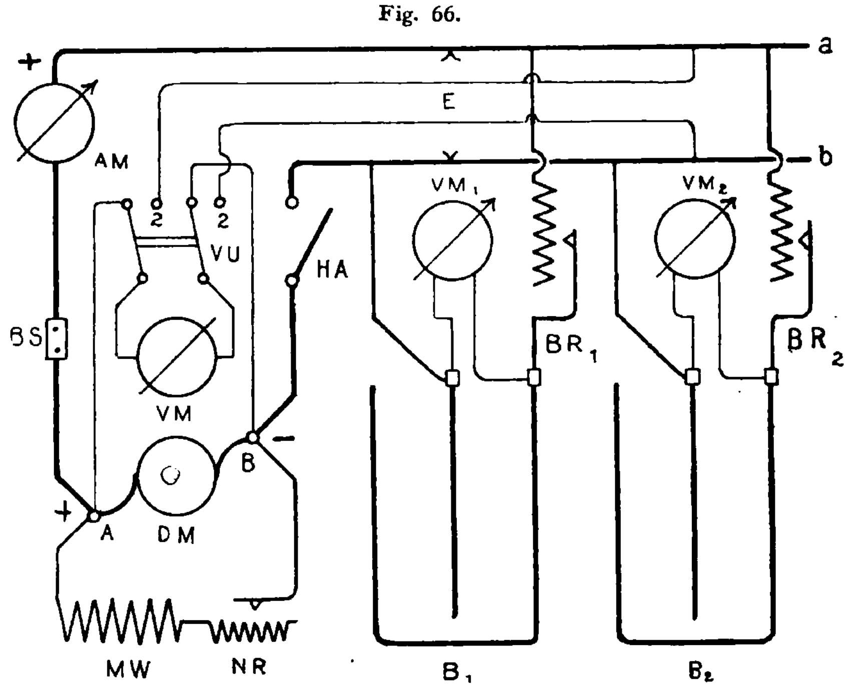
Für gewöhnlich werden die Elektroplattierbäder nach dem Prinzip der Parallelschaltung an die Hauptleitung angeschlossen. Man zweigt von einer gemeinsamen Hauptleitung sämtliche Bäder in der Weise ab, daß man alle Anodenstangen der Elektroplattierbäder mit der positiven (+) Leitungsschiene, alle Warenstangen mit der negativen (—) verbindet. Man hat dabei zu beachten, daß man womöglich nur Bäder von annähernd gleicher Badspannung in dieser Weise an eine Stromquelle anschließt, während man eine eventuelle andere Gruppe, die bedeutend geringere oder höhere Badspannungen benötigt, einer separaten Stromquelle zuweist. Hat man zwei oder mehrere solcher Bäder, die beispielsweise eine niedrigere Badspannung als die übrigen verlangen, so läßt sich eine kombinierte Anlage einrichten. Man schaltet dann je zwei oder drei Bäder hintereinander, was später noch besprochen werden wird.

Es ist ohne weiters klar, daß man ein einzelnes kleines Bad mit einer niederen Badspannung (etwa ein Silberbad) auch ganz gut an dieselbe Hauptleitung wird anschließen können, da doch die Kosten der Stromverluste noch geringere sind als die für eine Anlage mit einer besonderen Stromquelle. Man wird in diesem Fall einfach einen Badstromregulator verwenden, der die Netzspannung auf die richtige Badspannung abschwächen kann.

Der Anschluß mehrerer Elektroplattierbäder an eine gemeinsame Stromquelle erfolgt nach dem Prinzip der Parallelschaltung in folgender Weise (siehe Figur 66):

DM die Dynamomaschine gibt vermittelst ihrer Bürsten A B den Strom ab, der durch die Hauptleitungen a und b fortgeleitet wird, die je nach der Stromstärke dimensioniert werden müssen. VM ist der Maschinenvoltmesser, der dem

Fig. 66.



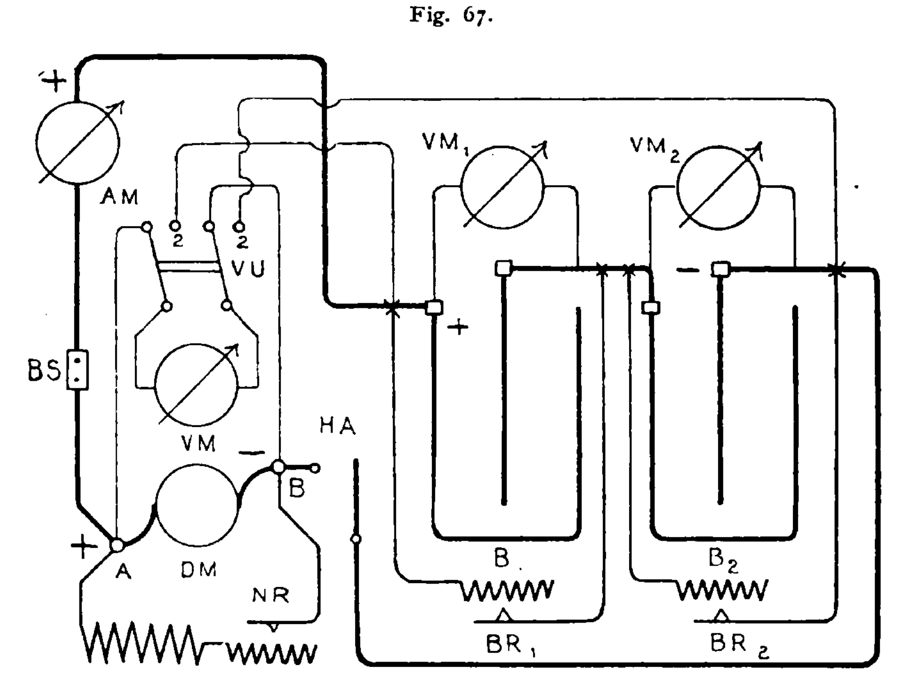
Anschluß mehrerer Elektroplattierbäder in »Parallelschaltung« an eine gemeinsame Stromquelle.

Maschinenwärter die Maschinenspannung angibt; ist die Maschinenanlage vom Bäderraum über 10 m entfernt, so wird durch den Voltumschalter VU durch Stellung des Hebels auf den Kontakt 2 die Netzspannung im Bäderraum kontrolliert werden können, die dann als die maßgebende, konstant zu erhaltende Spannung gilt. Der Ampermesser AM gibt den gesamten Strom an, der von der Maschine in den Bäderraum fließt, BS ist die vorgeschriebene Bleisicherung, HA ein Handausschalter, der nach beendigtem Betrieb die Maschinenanlage

vom Bäderraum zu isolieren erlaubt. B_1 und B_2 sind zwei Elektroplattierbäder, die Badspannungen werden durch die Voltmesser VM_1 und VM_2 gemessen. Mit Hilfe dieser Voltmesser und der Badstromregulatoren BR_1 und BR_2 wird die Kontrolle und Einstellung der erforderlichen Stromdichte ermöglicht.

Bei großen Betrieben und gleichartigen Bädern wird es kommen, daß gleichzeitig jedes Bad mit annähernd gleich-

Fig. 67.



Anschluß mehrerer Elektroplattierbäder in »Serienschaltung« an eine gemeinsame Stromquelle.

großer Warenfläche beschickt werden kann; man wird dann, um an Leitungsmaterial zu sparen, wodurch ja auch die Anlagekosten vermindert werden, die Bäder nach dem Prinzip der Hintereinanderschaltung (auch Serienschaltung genannt) anordnen.

Die Stromquelle hat dann bloß diejenige Amperleistung zu besitzen, welche ein Bad erfordert, hingegen eine so hohe Klemmenspannung zu liefern, welche der Summe sämtlicher Badspannungen plus dem gesamten Leitungsverlust gleichkommt.

In diesem Fall erfordert jedes Bad zur Konstanthaltung der Badspannung, falls nicht (und es wird ja praktisch selten vorkommen) alle Bäder stets mit gleichgroßer Warenfläche beschickt werden, einen Badstromregulator, der nach dem Kirchhoffschen Gesetz immer so viel Strom aufnehmen muß, daß die Summe:

Badstrom + Nebenschlußstrom

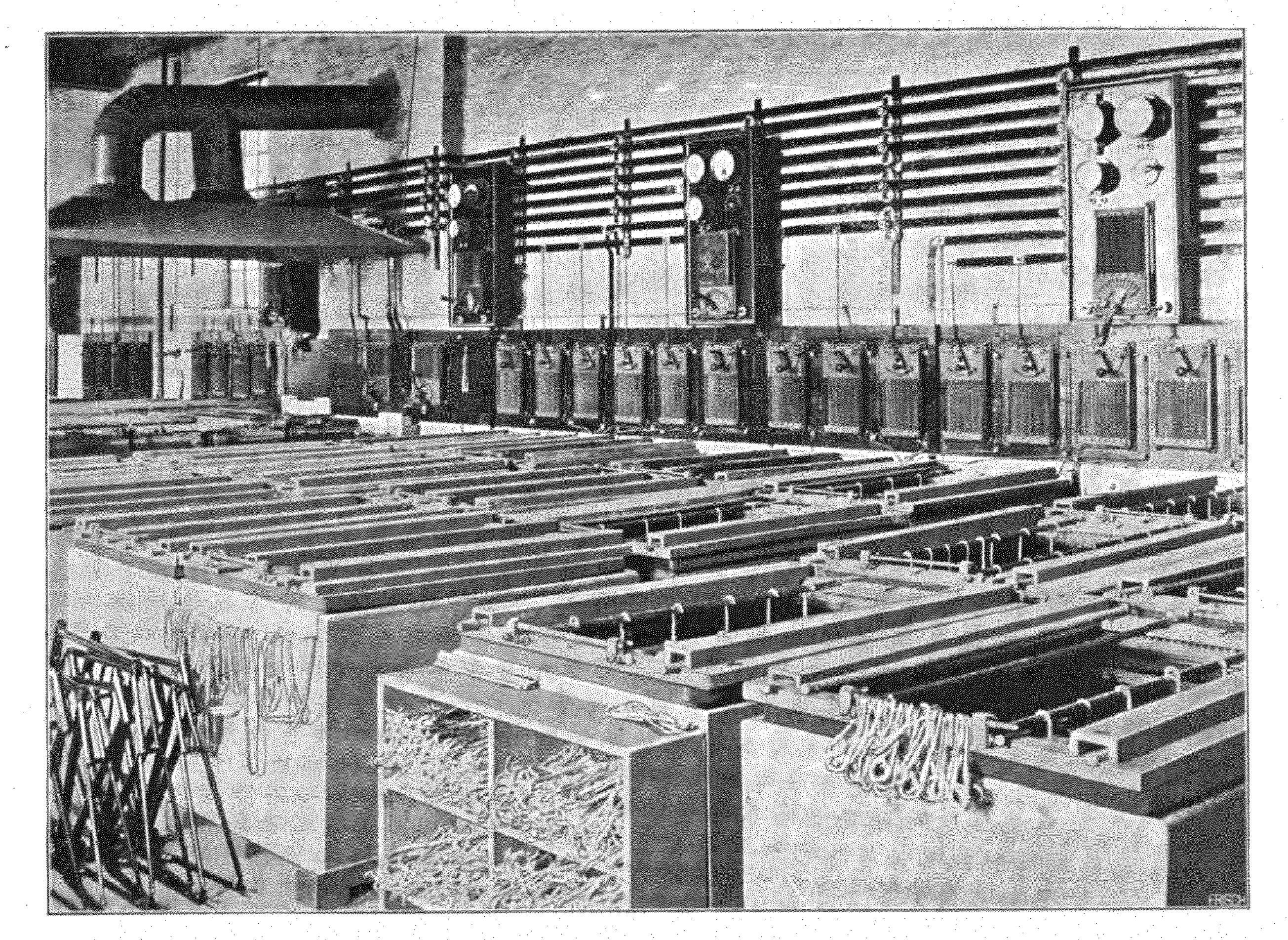
im Regulator derart verteilt ist, daß in der Tat nur diejenige Stromstärke durch das Elektroplattierbad fließt, welche die richtige Stromdichte liefert.

Dieser Badstromregulator muß dann, wie aus dem eben Gesagten hervorgeht, im Nebenschluß zum Bad liegen. Figur 67 zeigt eine derartige Schaltungsweise.

Die Bezeichnungen sind analog denen im früheren Beispiel: VM_1 und VM_2 sowie VU haben denselben Zweck wie bei der Parallelschaltung der Bäder.

II.

Praktischer Teil.



Anlage für Vernickelung und Schnell-Stark-Vernickelung in den Brennabor-Fahrrad-Werken in Brandenburg.

Kostenkalkulation der Elektroplattierung.

Es ist begreiflich, daß jeder Industrielle, der die Elektoplattierung betreibt, auch wissen will, was ihm diese kostet. Insbesonders bei Neueinrichtungen drängt sich diese Frage auf; bevor man sich zu einem neuen Fabrikationszweig entschließt, will man über die Produktionskosten im klaren sein. Im allgemeinen gilt bei jedem Industriebetrieb die Regel, daß die Fabrikationskosten sich um so günstiger kalkulieren, je vollkommener die maschinelle Einrichtung, die administrative Arbeitsverteilung und je größer und lebhafter der Betrieb ist. Es leuchtet ein, daß z. B. eine mit Elementen eingerichtete galvanische Anstalt mit einer mit Dynamo und Motorbetrieb groß eingerichteten Anlage nie konkurrieren können wird, weder in den Produktionskosten noch in der Qualität der Ware.

Am ungünstigsten gestaltet sich die Rentabilität einer Elektroplattieranlage, wenn nur »zeitweise« gearbeitet wird; es erhöhen sich nicht nur die Herstellungskosten ganz bedeutend, sondern auch die qualitative Leistungsfähigkeit wird dadurch sehr in Frage gestellt. Bei jedem Industriebetrieb ist der Arbeiter am leistungsfähigsten, wenn er in einer bestimmten Richtung ununterbrochen tätig bleibt, sich einarbeitet. In unserem Fach ist dies besonders fühlbar, weil er nicht nur mechanisch, sondern auch geistig beschäftigt ist, nur durch unausgesetzte Tätigkeit die erforderliche Übung erlangen kann; zudem ist noch der Umstand in Erwägung zu ziehen, daß bei jeder Betriebsunterbrechung auch die Maschinen, Bäder und Werkzeuge vernachlässigt, bei Wiederaufnahme des Betriebes erst instand gesetzt werden müssen, damit sie tadellos funktionieren; das kostet alles Geld und erhöht die Herstellungskosten.

Die Kostenkalkulation kann entweder auf das galvanisierte Stück oder auf eine angenommene Einheitsfläche (qdm) oder auf eine bestimmte Gewichtseinheit (g) des Niederschlags

basiert werden. Im Großbetrieb, wie z. B. bei der Veredlung von Drähten, Bändern, Blechen usw., speziell beim Verzinken, Verzinnen und Vernickeln wird sogar meist pro 100 kg fertige Ware kalkuliert. Es ist einleuchtend, daß man für jede Art der Elektroplattierung eine separate Kalkulation durchzuführen hat, wenn die Preisbestimmung Anspruch auf Genauigkeit machen soll.

Behufs Durchführung der Kostenkalkulation hat man die gesamten Produktionskosten eines Tages bzw. eines Jahres der Tagesproduktion bzw. der Jahresproduktion gegenüberzustellen.

Als Produktionskosten rechnet man: Arbeitslöhne, Verbrauch an Chemikalien und Anoden, motorische Kraft, Miete, Verzinsung und Amortisation des Anlagekapitals und sonstige Regiekosten per Tag; diese sind leicht festzustellen.

Die Tagesproduktion gewöhnlicher galvanischer Betriebe kennt man bei schon bestehenden Betrieben aus Erfahrung, bei neu zu errichtenden Anlagen muß sich der Unternehmer ein Minimalpräliminar vor Augen halten.

Eine Kalkulation per Stück wird nur in solchen Betrieben durchführbar sein, wo ganz gleichförmige, gleichartige und gleichgroße Gegenstände einheitlich bearbeitet werden. Bei solchen Artikeln ist die Preisbestimmung ganz einfach, wenn man die Produktionskosten eines Tages auf die Anzahl der in einem Tage fertiggestellten Gegenstände verteilt.

Die Kalkulation auf die Flächeneinheit wollen wir, um ein Prinzip festzustellen, auf die Einheitsfläche von 1 qdm beziehen. Bei leicht ausmeßbaren, ebenen Flächen, wie rechtwinkeligen Blechen und dergleichen gestaltet sich die Kalkulation gar nicht schwierig, weil die Flächen leicht zu berechnen sind; man wird die während eines Tages elektroplattierten Flächen in Quadratdezimetern bzw. Quadratmetern summieren, die Tagesproduktionskosten durch die Anzahl der ermittelten Quadratdezimeter bzw. Quadratmeter dividiert, ergibt den Herstellungspreis pro Flächeninhalt.

Schwieriger gestaltet sich diese Kalkulation bei Gegenständen, deren Oberfläche nicht leicht ausmeßbar, infolgedessen nicht leicht zu berechnen ist.

Annähernd läßt sich die jeweilig in einem Bad hängende Gesamtfläche solcher Gegenstände auf Grund der bei jedem Bad angegebenen Stromdichte ermitteln, und zwar in der Weise, daß man die von dem Ampermesser des betreffenden Bades angezeigte Stromstärke durch die für jedes Bad angegebene bzw. bestimmte Stromdichte dividiert.

Zum Beispiel: Wir haben ein Nickelbad vollgehängt mit Gegenständen der verschiedensten Form; der Ampermesser dieses Bades zeigt uns eine Stromstärke von 80 A an, die für das Bad angegebene Stromdichte sei 0,5, vorausgesetzt, daß das Verhältnis zwischen Waren- und Anodenfläche wie vorgeschrieben eingehalten wird, ebenso die zur Erreichung der normalen Stromdichte angegebene Badspannung. Es ergibt sich die in diesem Bad hängende Gesamtwarenfläche zu

$$80 : 0{,}5 = 160 \text{ qdm}.$$

Allerdings ist es für diese Art der Flächenbestimmung Bedingung, daß jedes Bad seinen eigenen Ampermesser besitzt. Herrscht in mehreren Bädern die gleiche Stromdichte, so genügt zur Bestimmung der in diesen hängenden Gesamtwarenfläche ein gemeinschaftlicher Ampermesser.

Die Kalkulation auf eine bestimmte Gewichtseinheit des Niederschlages wird nur bei Niederschlägen aus teureren Metallen in Betracht kommen. Die für die Kalkulation angenommene Gewichtseinheit ist das Gramm. Die Bestimmung des Niederschlagsgewichtes geschieht am primitivsten durch Wägen eines jeden Gegenstandes vor und nach dem Elektroplattieren, durch Bestimmung der Gewichtsdifferenz. Bei gleichartigen Gegenständen kann diese Gewichtsbestimmung nach einer der bei der »Versilberung nach Gewicht« angeführten Methoden erfolgen. Die nächstliegende Frage des Kalkulators ist nun die: »Was kostet das Gramm des niedergeschlagenen Metalles?« Dies berechnet man sehr einfach durch Division des Betrages der Tagesproduktionskosten durch die Anzahl der Gramm niedergeschlagenen Metalles. Wurde ein Metallniederschlag in einer vorher bestimmten Stärke ausgeführt, so läßt sich dessen Gewicht aus den vier Faktoren: elektrochemisches Äquivalent, Stromstärke, Zeit und Stromausbeute nach der Seite 143 angegebenen Formel berechnen.

Es sei noch erwähnt, daß die Tagesproduktion beliebig erhöht oder vermindert werden kann, je nach der Anzahl der in einem Tage ausgeführten Bäderbeschickungen; es leuchtet ein, daß bei gleichbleibenden Produktionskosten eine Erhöhung der Tagesproduktion nur auf Kosten der Niederschlagsstärke (Solidität) durchführbar ist, weil die Bäder öfter beschickt werden müssen, also die jedesmalige Elektroplattierdauer verkürzt wird.

Allerdings kalkuliert sich in letzterem Fall, infolge Erhöhung der Tagesproduktion bei gleichbleibenden Produktionskosten, die Ware entsprechend billiger, aber die Metallauflage ist dann entsprechend geringer. Um die Bäder möglichst oft neu beschicken zu können, haben die Spezialfachleute »Schnellbäder« konstruiert, und begreiflicherweise haben sich diese Bäder rasch Freunde in der Technik erworben.

Einrichtung zum Elektroplattieren.

Besteht die Absicht, die Elektroplattierung einzurichten, so muß vor allem der Wille vorhanden sein, dies gründlich solid und rationell zu betreiben! Es sei dieser Appell insbesondere an diejenigen gerichtet, die den Hang zur Oberflächlichkeit haben, nur auf Billigkeit der Einrichtung, weniger auf deren Vollkommenheit sehen, den Betrieb der Elektroplattierung als nebensächlich betrachten und unfähigen Arbeitskräften überlassen. Die Folge davon ist, daß die Arbeit mangelhaft ausfällt, gegen die der Konkurrenz inferior bleibt.

Es ist einleuchtend, daß bei rationell gut eingerichtetem, ununterbrochenem Betrieb bessere Resultate sowohl in der Qualität der Arbeit als auch in der Einträglichkeit des Unternehmens erzielt werden können, als wenn nur zeitweise oder mit einer mangelhaften Einrichtung gearbeitet wird; es ist dies ja bei jedem anderen Gewerbebetrieb ebenso.

Die Kalkulation bei fabrikmäßig größerem Betrieb auf etwa 100 oder 1000 kg fertiger Ware bezogen ist sehr einfach und liefert sehr verläßliche Werte, da in diesen Fällen fast immer mit besonders konstruierten maschinellen Einrichtungen gearbeitet wird, wodurch an und für sich schon

eine schätzenswerte Präzision in der Leistung und in der Gleichmäßigkeit der hergestelltenWare gesichert wird.

Die Galvanotechnik von heute ist im Besitze wertvoller, genau arbeitender Apparate, welche die Kalkulation unterstützen und sei hier z. B. betreffs Bestimmung der Niederschlagsgewichte speziell auf die voltametrische Wege verwiesen, die sich heute bereits auch in Vernickelungsanstalten Eingang verschafft hat. Die Rentabilität größerer elektrolytischer Anlagen, wie z. B. die im größten Stile von den Langbein-Pfanhauser Werken gebauten elektrolytischen Verzinkereien für Bleche, Rohre, Drähte, Bänder usw. hängen endlich noch von der Organisation solcher Betriebe ab, und es ist ohne weiteres gelungen, die Herstellungskosten der galvanischen Waren in solchen Betrieben auf ein Maß herabzudrücken, mit dem andere Methoden nicht mehr konkurrieren können.

Da sich in der Galvanotechnik bei dem immerhin hohen Anlagekapital, das durch die in den Bädern hängenden Anoden repräsentiert wird, immer mehr und mehr das Bedürfnis nach schnell arbeitenden Lösungen bemerkbar macht, haben die maßgebenden Firmen spezielle Elektrolyte, z. B. für Schnellvernicklung, Schnellverzinnung, Schnellverzinkung und andere zusammengesetzt, die aber als Fabrikationsgeheimnisse in diesem Werke nicht rezeptmäßig angeführt werden können, und hat sich Verfasser leider gezwungen gesehen, nur auf die Arbeitsweise mit solchen Präparaten hinzuweisen. Hand in Hand mit den Ersparnissen an Kapital für die in den Bädern hängenden Anoden geht natürlich auch eine Ersparnis an Raum.

Der Appell an die Praxis, veraltete Einrichtungen baldigst durch modernere zu ersetzen, sei also keineswegs vom Wunsch des Verfassers diktiert, für seine Firma eine möglichst reiche Beschäftigung zu erlangen, sondern Verfasser hat lediglich als Fachautor die Absicht, die Errungenschaften der Technik der Praxis anschaulich in ihren Vorzügen zu demonstrieren und die Galvanotechnik zu einem wertvollen Hilfsmittel der Metallindustrie und aller Industriezweige zu gestalten, die sich ihrer zu bedienen haben.

Wer nicht von Anfang an die Absicht hat, die Elektroplattierung vollkommen einzurichten und seine Anlage ununterbrochen rationell zu betreiben, möge in Erwägung ziehen, ob es nicht vorteilhafter sei, es ganz zu unterlassen und seine Arbeiten einem tüchtigen Elektroplattierer außer Haus zu übergeben, der sie tadellos schön, solid und wohl auch billiger ausführen wird. Es sei darauf aufmerksam gemacht, daß in den allermeisten Fällen mit der Einrichtung für Elektroplattierung auch eine Einrichtung zum Glanzschleifen, Polieren der Metalle ganz unentbehrlich ist; bei der herrschenden Mode der meist mit Hochglanz in den Handel kommenden Metallwaren ist es nicht zu umgehen, daß eine Elektroplattieranstalt auch Glanzschleiferei betreibt, und zwar mit Motorkraft; mit Fuß- oder Handbetrieb können allenfalls ganz kleine Artikel poliert werden, und diese nur notdürftig und in nicht zu großen Mengen; für größere Metallobjekte reicht die menschliche Kraft als Betriebskraft nicht aus, bzw. der Betrieb ist dann nicht konkurrenzfähig. In Städten, wo Glanzschleifereien als selbständige Gewerbe existieren, kann der Elektroplattierer seine Metallwaren außer Haus schleifen lassen, aber bequem wird es nicht sein, und es wird diese Arbeit stets teurer zu stehen kommen, als in eigener Regie.

Betrieb mit Dynamomaschinen.

Wenn Motorkraft vorhanden ist, wird man die Elektroplattierung unbedingt mit Dynamobetrieb einrichten und mögen nachfolgende Vorschläge als Norm dienen, wie man eine vollkommene Elektroplattieranstalt anlegen soll, und was dabei zu beachten ist.

Bei der Wahl der Lokalität, welche zur Ausführung der Elektroplattierung bestimmt werden soll, ist folgendes zu beachten:

Das Elektroplattierlokal muß genügend und reines reflexfreies Licht haben, um sowohl die Farbe als auch die Mängel der Elektroplattierung leicht beurteilen und erkennen zu können. Es ist bekannt, daß jede Farbe die verschiedensten Schattierungen zeigt, die nur bei ganz guter und reflexfreier Beleuch-

tung zu unterscheiden sind; Vernickelung z. B. ist weiß, aber sehr verschieden weiß, mit gelblichem Stich oder bläulich oder mit grauem Anflug; Vergoldung und Vermessingung fallen mehr oder weniger rötlich oder grünlich aus; speziell in der Vergoldung kann man Nuancen nach Hunderten unterscheiden, und es gehört mit zu den schwierigsten Aufgaben des Galvanotechnikers, ein größeres Quantum Ware ganz gleichmäßig zu vergolden. Verkupferung variiert von Rosarot bis Braun, selbst bei reinstem Licht ist es oft schwierig, die feinen Farbenunterschiede zu erkennen, und doch ist dies sehr wichtig. Aus dem gleichen Grund ist das Elektroplattieren bei künstlichem Licht eine mißliche Sache, weil Farbton und Elektroplattiermängel nicht leicht bemerkbar sind, meist nachträglich bei der fertigen Ware erst erkannt werden, so daß die ganze Arbeit nochmals wiederholt werden muß. Oberlicht wäre für das Elektroplattierlokal wohl das günstigste, aber im Winter sind Räume mit Oberlicht schwer warm zu halten.

Reine Luft, frei von Staub, Säure- und Wasserdämpfen, ist im Elektroplattierlokal von größter Wichtigkeit. Nicht nur, daß die mit großer Sorgfalt vorbereiteten und mühevoll gereinigten (dekapierten) Waren in unreiner Luft wieder anlaufen und eine tadellose Elektroplattierung derselben dadurch unmöglich würde, leiden auch die fertig elektroplattierten Waren ebenso wie die Bäder, Maschinen, Werkzeuge, Apparate und auch das Arbeitspersonal. Das Arbeitslokal muß daher gut ventiliert sein, alle Manipulationen, die Säuren- oder Wasserdämpfe entwickeln, wie Gelbbrennen, Beizen, das Aufstellen elektrischer Batterien, das Glanzschleifen u. ä. sind vom Elektroplattierlokal fernzuhalten. Beim Reinigen des Lokales sind die Bäder, Maschinen und Apparate zu bedecken, damit sie nicht verunreinigt werden.

Temperatur im Elektroplattierlokal. Im Winter ist das Lokal Tag und Nacht gleich warm zu halten; es ist von größter Wichtigkeit für den ungestörten Gang des Elektroplattierprozesses, daß die Bäder eine Sommertemperatur von 15 bis 20° C besitzen, denn kalte Bäder funktionieren schlecht oder versagen vollständig. Dampfheizung ist sehr zweckmäßig; wenn solche nicht vorhanden, empfehlen sich Dauer-

brandöfen. Das direkte Einleiten von Dampf in die Bäder ist nicht zu empfehlen, weil dieser von den geölten Maschinenbestandteilen Fett mitführt, wodurch die Lösungen verdorben werden. Fenster und Türen mit Doppelverschluß sollen gegen Eindringen der Kälte schützen.

Wasser, viel Wasser ist im Elektroplattierlokal ein unentbehrliches Bedürfnis, wenn rationell gearbeitet werden soll. Peinlichste Reinlichkeit ist Grundbedingung für das sichere Gelingen der Arbeit; die Ware muß sowohl vor als während und nach dem Elektroplattieren immer und wiederholt in stets reinem Wasser abgespült werden.

Fließendes Wasser ist daher in jeder gut eingerichteten Werkstätte unbedingt erforderlich; dieser Umstand bringt es mit sich, daß das Lokal auch mit einer wasserdichten Pflasterung zu versehen ist; am zweckmäßigsten bewährt sich ein Ashpaltpflaster mit Neigung zu einem direkten Ablauf in den Kanal. Damit die Waren rasch trocknen, sind sie in heißes, reines Wasser zu tauchen, bis sie dessen Temperatur angenommen haben. Der letzte Rest anhaftenden Wassers verdampft dann beim Abreiben mit Sägespänen sehr schnell.

Die Größe des Elekroplattierlokales ist so reichlich zu bemessen, daß zwischen den Bädern je ein Zwischenraum von mindestens $^3/_4$ m als Manipulationsraum bleibt, ferner ein Zugang zu den Dynamomaschinen, Regulierapparaten und Leitungen. Ferner brauchen wir mehrere Tische entsprechender Größe für Warenvorräte und zum Aufbinden derselben auf Draht oder andere Vorrichtungen, womit sie in die Bäder eingehängt werden; einen Dekapiertisch mit Wasserleitung zum Reinigen der Waren vor dem Einhängen in die Bäder, ein oder zwei große Gefäße mit reinem Wasser mit kontinuierlichem Wasserzu- und Ablauf, zum Abspülen der aus den Bädern entnommenen Waren und einen überdachten Kochherd mit eingemauertem Eisenkessel für reines kochendes Wasser wie vorhin erwähnt (mit einem Abzug der Wasserdämpfe in den Rauchkamin) zum letzten Abspülen und Erwärmen der fertig elektroplattierten Waren vor dem Abtrocknen; endlich eine oder zwei geräumgie Kisten mit reinen, staub- und harzfreien Sägespänen, wenn möglich mit einer Vor-

richtung zum Wärmen und Trockenhalten derselben, etwa mittelst eines unten vorbeilaufenden Dampfrohrers oder sonst einer Wärmequelle zum Abtrocknen der fertig elektroplattierten Waren. Sehr vorteilhaft ist noch ein ventilierter Trockenofen mit Heizung (gemauert oder aus Eisenblech) zum Nachtrocknen der elektroplattierten Waren, um den Rest der in den Poren oder Fugen oder Innenräumen zurückgebliebenen Feuchtigkeit vollends auszutreiben, als Sicherung gegen deren schädliche Nachwirkung.

Die Kratzvorrichtung, welche teils zum Dekapieren (Reinigen) roher Gußwaren, hauptsächlich aber zum Blankkratzen mattgewordener Niederschläge bei Vermessingung, Verkupferung, Versilberung, Vergoldung, Verzinkung usf. unentbehrlich ist, wenn solid gearbeitet wird, muß gleichfalls im Elektroplattierlokal untergebracht werden.

Dieses »Kratzen«, dessen Zweck und Ausführung später in dem betreffenden Kapitel erklärt wird, ist rationell mit Maschinen auszuführen, von der Transmission oder mit Elektromotor betrieben; jede Kratzmaschine erfordert eine Bodenfläche von etwa 1 m im Quadrat, verursacht außer Wasserspritzen keinerlei Verunreinigung. Ein verschließbarer Kasten zum Aufbewahren der Chemikalienvorräte ist gleichfalls Bedürfnis einer gut eingerichteten Elektroplattierwerkstätte.

An das Elektroplattierlokal anstoßend ist der Dekapierraum zum Entfetten, Beizen und Gelbbrennen der Metalle zu etablieren, jedoch durch eine Tür von jenem abgeschlossen, damit die daselbst sich entwickelnden Säure- und Wasserdämpfe nicht eindringen können. Diese sind vielmehr durch einen gut ziehenden Kamin rasch ins Freie zu befördern. In diesem Dekapierraum befindet sich der Herd mit den kochenden Entfettungslaugen und Wasserkesseln, die Säuren zum Beizen und Gelbbrennen und unter einer Wasserleitung die Waschgefäße mit viel und stets reinem Wasser, überhaupt alles, was zum Reinigen und Vorbereiten der zu elektroplattierenden Waren erforderlich ist. Gestattet die Natur der betreffenden Objekte eine elektrolytische Dekapierung, so empfiehlt es sich, diese Einrichtung im Galvanisierraum unterzubringen, jedoch ist ein Dunstauffangdach über diesen elektrolytischen Dekapier-

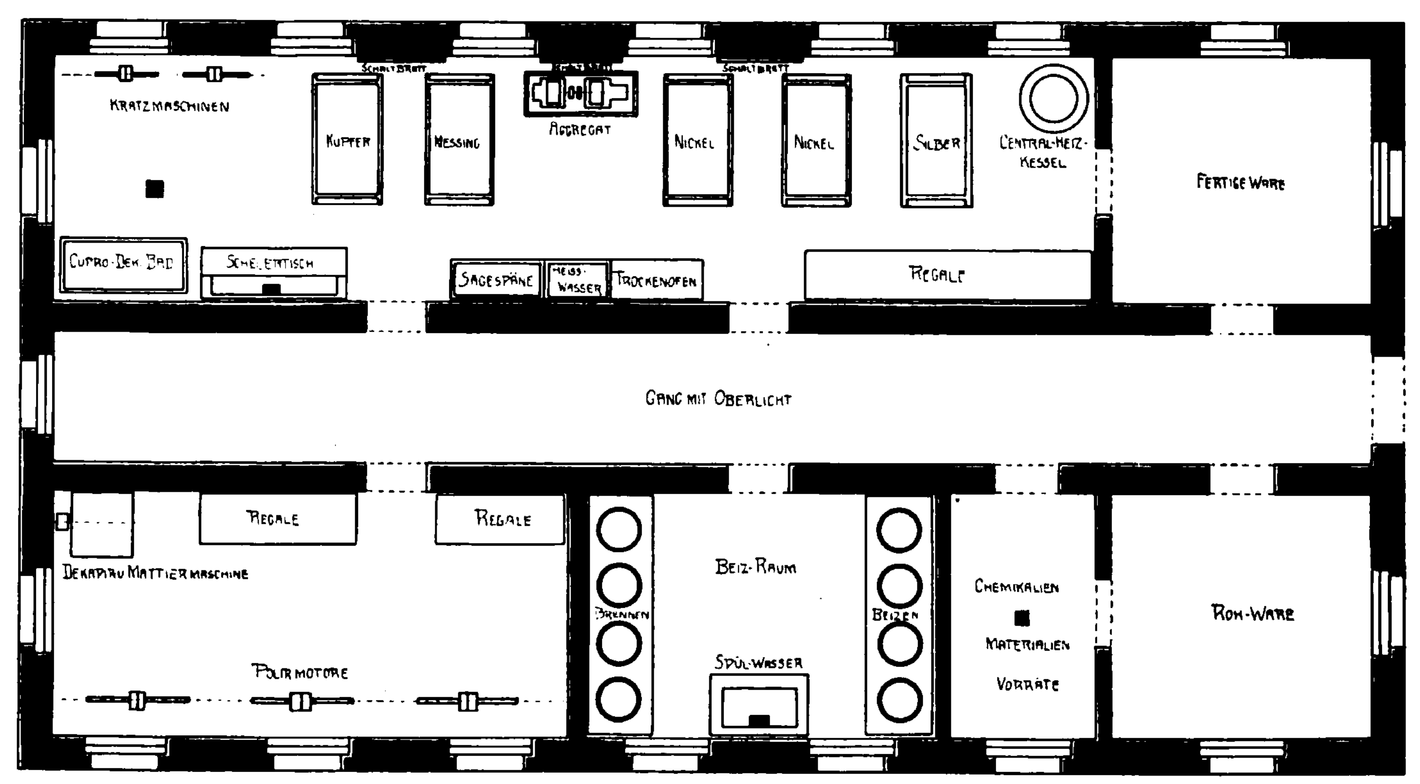
bädern dringendes Bedürfnis, da bei der erforderlichen Anwendung hoher Stromdichten eine nicht unbedeutende Gasentwicklung auftritt, wobei Flüssigkeitspartikelchen in die Luft mitgerissen werden und einerseits das Personal dadurch belästigt werden kann, anderseits solche mit in die Luft gerissene Elektrolytpartikeln manchem galvanischen Bade schädlich werden können.

Wir brauchen ferner einen Raum zum Glanzschleifen, Polieren der Metallwaren, eine sehr wichtige Einrichtung; dieser Polierraum ist gleichfalls möglichst in der Nähe des Elektroplattierlokales einzurichten, aber von diesem wieder durch eine Tür abgeschlossen, weil die Manipulation des Polierens viel Staub und Schmutz verursacht, selbst wenn durch geeignete Entstaubungsanlagen das meiste entfernt wird. Bei Bemessung der Größe des Polierlokales ist ein Raum von etwa 1½ qm Bodenfläche per Poliermaschine anzunehmen. Die Einrichtung zum Polieren wird in dem betreffenden Kapitel erklärt.

Die Anschaffung einer Dekapier- und Mattiermaschine mit Sandstrahl ist für eine vollkommen eingerichtete Elektroplattieranstalt sehr zu empfehlen, sowohl zum Blankscheuern (Dekapieren) von rohem Metallguß (die rationell vorteilhafteste Dekapierung roher Gußwaren, wenn es sich um große Mengen und fabrikmäßigen Betrieb handelt) als auch zur Erzeugung eines sehr effektvollen Mattgrundes auf feinen Metallwaren. Diese Maschine, sie wird später eingehend beschrieben werden, könnte am vorteilhaftesten im Polierraum aufgestellt werden, wenn es sich um Gebläse mit geschlossenem Kasten handelt. Die für die Bearbeitung größerer Stücke anzuwendenden sogenannten Freistrahlgebläse, welche eine bedeutende Staubentwicklung verursachen, werden entweder in einem besonderen, gut ventilierten Raum oder noch besser im Freien untergebracht.

Damit wäre der Entwurf einer rationell eingerichteten Anlage für Elektroplattierung gegeben; nachfolgende Planzeichnung, Figur 69, mag als Vorschlag für eine solche Anlage dienen, selbstredend nur als Beispiel; in Wirklichkeit muß deren Ausführung den lokalen Verhältnissen und den An-

Fig. 69.



Anlageplan für eine Elektroplattieranstalt mit Dynamobetrieb.

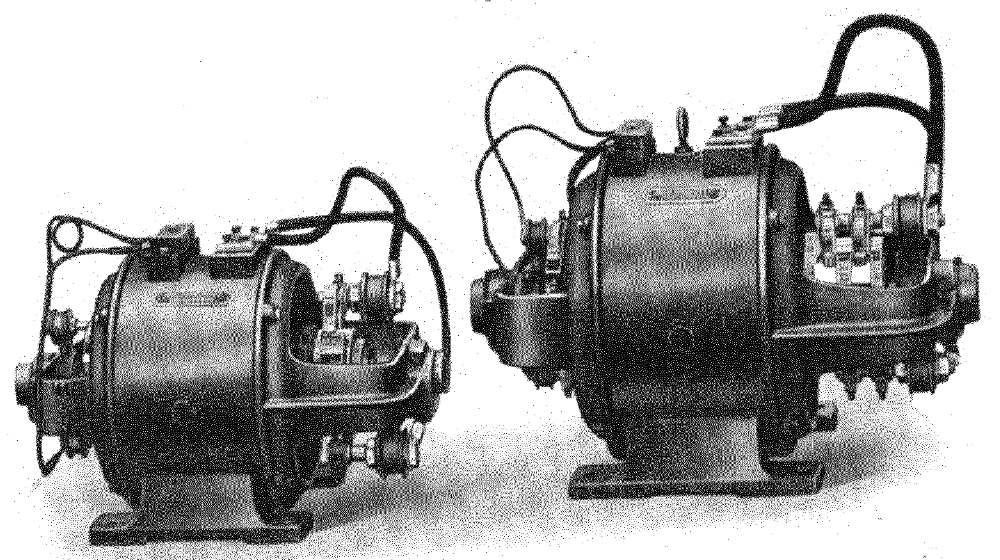
forderungen der Produktionsleistung entsprechend angepaßt werden.

Was den zum Betrieb der Elektroplattierung dienenden elektrischen Strom betrifft, so ist unbestritten die Stromerzeugung mittelst Dynamomaschinen die einzig rationelle und die billigste. Es sei unter Hinweis auf das betreffende Kapitel im theoretischen Teil hier wiederholt erklärt, daß der für Beleuchtung oder Kraftübertragung bestimmte elektrische Strom für Elektroplattierung direkt nicht zu verwenden ist; auch geht es nicht an, diesen durch Vorschalten von Widerständrn geeignet zu machen, das wäre höchst unrationell und zu teuer, wenn man einigermaßen größere Objekte zu galvanisieren, bzw. wenn man mit größerem Badinhalt zu arbeiten hätte. **Die direkte Verwendung des Gleichstromes** von 110 oder 220 Volt aus städtischen oder Privatzentralen kann nur für ganz kleine und nur selten in Betrieb kommende Bäderanlagen in Betracht kommen, weil man naturnotwendig dazu gezwungen ist, die 110 oder 220 Volt bis auf die zumeist angewendete kleine Badspannung von 2 bis 4 Volt, wie sie an den gebräuchlichsten Bädern herrscht, herabzudrücken, was entweder durch Vorschaltung eines entsprechend berechneten Drahtwiderstandes oder einer Lampenbatterie geschieht. Man muß aber z. B. bei 220 Volt Netzspannung, wenn man beispielsweise 3 Volt praktisch benötigt, 217 Volt vernichten, das ist aber eine Stromvergeudung, die natürlich nur ganz ausnahmsweise, durch besondere Verhältnisse bedingt, in Betracht kommen kann. Wenn ein einigermaßen größerer Strombedarf für elektrolytische Zwecke vorliegt, wird man zum rotierenden Gleichstrom-Umformer oder zum Aggregat greifen.

Ebenso sind die für Elektroplattierung konstruierten Dynamomaschinen für Beleuchtung nicht geeignet. Ist eine elektrische Beleuchtungsanlage vorhanden, so kann deren Strom für die Elektroplattierung mittelbar in der Weise verwendet werden, daß damit ein Elektromotor in Tätigkeit gesetzt wird, der die Dynamomaschine antreibt, und zwar am vollkommensten durch direkte Kupplung der beiden Wellen. Man nennt diese Kombination ein »Aggregat«, siehe Figur 47.

Der Betrieb der Elektroplattierung mittelst Aggregat ist der ideal vollkommenste, schon deswegen, weil er einen absolut gleichmäßigen konstanten Strom sichert, ein in vielen Beziehungen ganz eminenter Vorteil für die Elektroplattierarbeiten. Es ist auch die Installation mittelst Aggregat die einfachste und wohl auch billigste; keine Transmission, keine Fundamentierung der Maschinen, die daher in jedem Stock-

Fig. 70.



Gleichstrom-Umformer.

werk aufgestellt werden können; kein Schmutz, keine Erschütterung, das Aggregat ist vom übrigen Fabrikbetrieb ganz unabhängig, kann jeden Moment in und außer Tätigkeit gesetzt werden; die Umdrehungsgeschwindigkeit und damit die Stromstärke lassen sich innerhalb bestimmter Grenzen nach Belieben vermindern oder vergrößern, auch des Nachts kann damit gearbeitet werden, ein Umstand, der in größeren Fabrikbetrieben für besonders starke Niederschläge von Wichtigkeit ist. Die Langbein-Pfanhauser-Werke bauen für kleinere Betriebe äußerst ökonomisch arbeitende Gleichstrom-Umformer. In diesen rotierenden Umformern, die jedoch nur

an Gleichstromnetze angeschlossen werden können, wird Gleichstrom höherer Spannung, wie er zu Beleuchtungs- oder Kraftzwecken verfügbar ist, in Gleichstrom von niederer Spannung transformiert. Wie Fig. 70 zeigt, sind bei diesen Umformern in einem Magnetgehäuse beide Ankerwicklungen vereinigt. Der Anker trägt einerseits die Motorwicklung, anderseits die Dynamowicklung. Diese Umformer besitzen naturgemäß nur zwei Lager und die Magnetwicklung für eine Maschine, so daß ein maximaler Wirkungsgrad (je nach Größe der Maschine) von 0,5 bis 0,85 resultiert.

Für die Umformung größerer Energien von Wechsel- oder Drehstromnetzen in Gleichstrom kommen jedoch nur Aggregate, bestehend aus geeigneten Wechsel- oder Drehstrommotoren mit den stromliefernden Niederspannungsmaschinen gekuppelt in Betracht. Kleinere Energiemengen sind mittels Wechselstrom-Gleichrichten der verschiedensten Typen ebenfalls zu transformieren.

Der Vorteil solch kleiner Umformermaschinen ist der gleiche, der bei den Aggregaten besprochen wurde. Die Umformer unterscheiden sich von den eben besprochenen Aggregaten hauptsächlich dadurch, daß sie für Motor und Dynamo nur ein gemeinschaftliches Gehäuse und infolgedessen auch nur einen gemeinsamen Anker besitzen. Die beiden Wicklungen am Anker sind natürlich sehr gut gegeneinander isoliert, und es geben solche Maschinen ebendeshalb den denkbar günstigsten Wirkungsgrad, da die Momente, die den Nutzeffekt bei zwei direkt miteinander gekuppelten Gleichstrommaschinen beeinflussen nur einfach vorhanden sind, wie z. B. der erforderliche Wattverbrauch für die Magnetwicklung, die Verluste durch Lagerreibung usw. Gleich den Elektromotoren nehmen diese Umformer jeweilig nur so viel elektrische Energie aus dem Netz, an das sie angeschlossen sind, auf, als der auf der sekundären Seite zu leistenden Energie an Niederspannungsstrom entspricht.

Ist keine Elektrizitätsquelle für den Betrieb eines Aggregates vorhanden, so muß die Dynamomaschine mit Dampf-, Gas- oder Wasserkraft angetrieben werden; bei größeren Anlagen empfiehlt es sich, für die Elektroplattiermaschinen

eine eigene Betriebskraft beizustellen, um vom übrigen Fabrikbetrieb unabhängig zu sein; damit wäre man den Vorteilen eines Betriebes mittelst Aggregat ziemlich nahegerückt. Wo dies nicht angeht, muß die für die Elektroplattieranlage erforderliche Kraft von der gemeinsamen Fabriktransmission entnommen werden, was allerdings den Übelstand mit sich bringt, daß der durch Ein- und Auslösen von Arbeitsmaschinen verursachte ungleichmäßige Gang der Transmission auch die Umdrehungsgeschwindigkeit der Dynamowelle beeinflußt und damit die Stromentwicklung bald vermehrt, bald vermindert; es ist dies für den Gang des Elektroplattierprozesses, wenn auch nicht gar so eminent nachteilig, jedoch keinesfalls erwünscht; bei großen Schwankungen müssen die Stromverschiedenheiten mit den Regulatoren ausgeglichen werden, und das ist für den Arbeiter eine recht störende Belästigung.

Bei dieser Gelegenheit sei darauf aufmerksam gemacht, daß die im Elektroplattierlokal gewöhnlich an der Decke angebrachte Transmission sorgsam zu überwachen ist, damit nicht Öl oder Schmutz davon in die Bäder oder auf die Ware falle und dieselben verunreinigt und verdirbt.

Bei der Wahl der für eine Elektroplattieranlage anzuschaffenden Dynamomaschine usw. hat man sich zunächst die Fragen vorzulegen: Was für Bäder sollen damit betrieben werden, und wie groß wird die Gesamtwarenfläche in den Bädern sein?

Man rechnet für ruhende Bäder*)

		Strombedarf per 1 qdm Warenfläche	Badspannung
für Vernicklung von	Eisen und Messing (ungef.)	0,5 A	2,5—3,5 V
	Zink „	1,0 „	4—5 „
	Verkupferung „	0,3 „	3 „
	Vermessingung „	0,3 „	3 „
	Verzinkung „	1—4 „	2,5—3,5 „
	Versilberung „	0,3 „	1 „
	Vergoldung „	0,1 „	1—4 „
	Kupfergalvanoplastik „	1,5 „	1,5 „
	Schnellgalvanoplastik „	5—15 „	5—10 „

*) Zum Unterschied von Apparaten für Massengalvanisierung, in denen die Ware gerollt oder geschaukelt wird, wobei sowohl höhere Stromdichten wie höhere Badspannungen in Anwendung kommen. Für solche Apparate nimmt man meist separate Maschinen oder Aggregate.

Man braucht sich nun nur die Frage zurechtzulegen, wie groß die exponierte Maximalwarenfläche in jedem der zu betreibenden Bäder in Quadratdezimetern sein wird (bei Zweifeln lieber etwas mehr angenommen), es ist dann leicht auszurechnen, wieviel Amper Stromstärke die Dynamomaschine leisten muß, um die projektierte oder vorhandene Anlage damit zu betreiben. Praktischerweise wird man immer eine Maschine mit etwas höherer Leistung anschaffen, um für voraussichtliche Vergrößerung der Anlage vorzusorgen. Die Klemmenspannung der Dynamomaschine muß bei maximaler Stromleistung der höchsterforderlichen Badspannung entsprechen, zuzüglich des Spannungsverlustes in der Leitung zwischen Dynamo und den Bädern.

Es können die verschiedenartigsten Bäder gleichzeitig mit einer gemeinschaftlichen Dynamomaschine betrieben werden; nur muß bei jedem Bad ein separater Stromregulator vorgeschaltet sein, dessen Widerstand so berechnet wird, daß er wohl die für das betreffende Bad erforderliche Stromstärke (Amper) durchläßt, aber die Stromspannung (Volt) regelt, das heißt, den von der Dynamo erzeugten Spannungsüberschuß aufnimmt und dem betreffenden Bade die für den Betrieb günstigste Badspannung zuführt.

Wenn wir, um dies praktisch zu erklären, mit einer Dynamomaschine oder sonst einer Stromquelle, deren Netzspannung beim Bad 4 V beträgt, ein Nickelbad betreiben, mit einem maximalen Strombedarf von 50 A bei 2,5 V Badspannung, ferner ein Silberbad mit einem maximalen Strombedarf von 15 A bei 1 V, und ein Kupferplastikbad mit einem maximalen Stromerfordernis von 30 A bei 1,5 V, so muß der Stromregulator für das Nickelbad 1,5 V Spannung aufnehmen und 50 A durchlassen, der für das Silberbad muß 3 V aufnehmen und 15 A durchlassen, der für das Kupferplastikbad muß 2,5 V aufnehmen und 30 A durchlassen, vom Spannungsverlust in der Leitung der Einfachheit halber ganz abgesehen.

Werden ausschließlich nur Bäder mit kleiner Badspannung betrieben, wie Silberbäder oder Kupferplastikbäder, so wird man praktischerweise keine Dynamomaschine mit 4 V, sondern eine solche mit nur 1,5 bis 2,5 V Klemmenspannung

wählen, um nicht einen Spannungsüberschuß vernichten zu müssen, der nie gebraucht wird, wodurch die Dynamo sowohl in der Anschaffung als auch im Betrieb verteuert würde.

Aus dieser Darlegung erhellt auch, daß es sehr unrationell ist, Dynamomaschinen mit wesentlich höheren Klemmenspannungen anzuschaffen, als sie die Bäder erfordern, vorausgesetzt, daß die Entfernung zwischen Dynamo und den Bädern nicht gar zu groß, normal nicht mehr als etwa 10 m und die Leitung entsprechend dimensioniert ist. Nur im Fall einer abnorm langen Leitung müßte der dadurch entstehende Spannungsabfall durch eine entsprechend höhere Klemmenspannung der Dynamo ausgeglichen werden, wenn nicht die Leitung stärker dimensioniert wird.

Es kommt wohl vor, daß Dynamomaschinen mit höheren Klemmenspannungen verwendet werden, als die Bäder es erfordern; in diesem Fall müßten, um rationell zu arbeiten, die Bäder »hintereinandergeschaltet« werden, siehe Figur 67, und zwar deren so viel in einer Gruppe, bis die zum Betrieb derselben erforderliche Spannung jener der Klemmenspannung der Dynamo annähernd gleichkommt. Derartige Anlagen bedingen aber gleichartige Bäder mit gleichgroßen Elektrodenflächen, wie es etwa bei hüttenmännischer Reinmetallgewinnung oder in Verzinkereien oder sehr großen Instituten für Erzeugnisse der Galvanoplastik, in Versilberungsfabriken usw. durchführbar ist. In der Elektroplattierindustrie ist solche Hintereinanderschaltung der Bäder äußerst selten anzuwenden, weil die Warenflächen in den Bädern fortwährend variieren, bald wird mehr, bald weniger Ware, bald werden größere, bald kleinere Gegenstände eingehängt, wir sind also zumeist auf die »Parallelschaltung« der Bäder angewiesen, wie Figur 66 darstellt.

Bei Anschaffung einer Dynamomaschine oder eines Umformers bzw. eines Aggregats für eine große Anzahl und für verschiedenartige Bäder ist in Erwägung zu ziehen, ob es vorteilhafter ist, nur eine gemeinschaftliche größere Maschine für den ganzen Betrieb anzuschaffen oder den Betrieb zu teilen und zwei oder mehrere Dynamos aufzustellen. Verfasser ist der Ansicht, daß letzteres, also ein geteilter Betrieb, unbedingt vorteilhafter ist, und zwar aus folgenden Gründen:

1. Wenn viele und verschiedenartige Bäder mit sehr verschiedenen Badspannungen zu betreiben sind, so ist es rationell, die Bäder mit annähernd gleichen Badspannungen zusammenzustellen und jede Gruppe mit einer Dynamo mit der entsprechenden Klemmenspannung zu bedienen, um nicht zwecklos zu große Spannungsüberschüsse durch künstliche Widerstände (Regulatoren) vernichten zu müssen; es wären demnach Nickel-, Messing-, Kupfer-, Zink- und Goldbäder normal mit viervoltigen Dynamos, Silber- und Kupferplastikbäder mit 1,5- bis 2,5-voltigen Maschinen zu betreiben.

2. Bei großen Anlagen mit sehr vielen Bädern ist mit dem Umstand zu rechnen, daß die Leitung sehr lang wird, womit auch der Spannungsverlust wächst, das ist aber Stromverlust bzw. verlorene Energie. Um dies zu verhindern, müßte der Querschnitt der Leitung vergrößert werden, damit erhöhen sich aber erheblich deren Kosten, so daß sich schon dadurch die Anschaffung einer zweiten oder vielleicht mehrerer Dynamomaschinen verlohnt.

3. ist zu erwägen, daß auch die Dynamomaschinen mit der Zeit reparaturbedürftig werden und dadurch der Betrieb eine Störung erleidet. Solid konstruierte Maschinen funktionieren zwar viele Jahre, wenn sie gut gehalten werden; Verfasser hat Maschinen im Betrieb gesehen, die schon vor 25 Jahren geliefert wurden, und die heute noch zur vollsten Zufriedenheit der Besitzer tadellos und ungeschwächt tätig sind; aber deren Pflege und Erhaltung ist leider nicht immer so, wie sie sein soll, und dadurch werden früher oder später Reparaturen notwendig. Auch die Kollektoren müssen stets nach einer gewissen Zeit erneuert werden, und andere unvorhergesehene Ereignisse oder Versehen können eine Betriebsstörung verursachen. Bei solchen Anlässen ist ein mit mehreren Dynamos geteilter Betrieb sehr erwünscht, um doch teilweise fortarbeiten zu können und den Betrieb nicht gänzlich einstellen zu müssen.

Es ist nicht möglich, hier allen vorkommenden Verhältnissen Rechnung zu tragen, und kann nur jedem Interessenten, der sich eine galvanische Anlage neu beschafft oder eine bestehende Anlage wesentlich vergrößern will, geraten werden,

einen fachkundigen Spezialisten bestimmen zu lassen, wie die Anlage ausgeführt werden soll. Man möge sich aber nur an wirkliche Fachleute wenden, denn es gehört nicht nur ein umfassendes Wissen dazu, sondern auch eine langjährige praktische Erfahrung, um das Richtige zu treffen.

Behandlung der Dynamos. Obschon jede Elektrizitätsfirma, die sich mit dem Bau und der Lieferung geeigneter Dynamos für elektrolytische Zwecke befaßt, genaue Vorschriften für die Aufstellung und den Betrieb der Dynamos gibt, so soll nachstehend in aller Kürze das Wesentliche über diesen Gegenstand besprochen werden.

Wenn es sich irgendwie machen läßt, empfiehlt es sich, den Antrieb der Dynamo von einem besonderen Motor bewerkstelligen zu lassen, wie dies früher bereits erwähnt wurde, denn nur solcherart erhält man einen gleichmäßigen Strom, wie er für die Erzielung dauernd gleichguter Galvanisierungsresultate unerläßlich ist. Muß die Dynamo aber durch Riemen angetrieben werden, so sorge man wenigstens dafür, daß der Riemenzug nicht zu steil und nicht zu straff ist, denn dadurch würde die Dynamo mechanisch leiden.

Man verwende weiche geleimte oder gutgenähte Riemen und bediene sich der Spannschienen, die ja von den Spezialfirmen, die sich mit dem Bau der Niederspannungs-Dynamos befassen, heute zu äußerst billigen Preisen geliefert werden. Der Antrieb von einer Transmission aus, die gleichzeitig auch Schleif- und Poliermaschinen betreibt, ist zu vermeiden, da durch die schwankende Belastung der Transmission beim Schleifen und Polieren stets grobe Tourenzahlschwankungen der Dynamo veranlaßt werden.

Betriebsvorschrift für Dynamos. Die Montage einer Niederspannungsdynamo sollte tunlichst immer von geschulten Monteuren vorgenommen werden, damit eine fachrichtige Fundamentierung platzgreift und alle Vorschriften erfüllt werden, die für einen späteren ungestörten Betrieb unerläßlich sind. Die Schmierung der Dynamos muß mit gutem Maschinenöl erfolgen; die Lager sind des öfteren mit Petroleum auszuwaschen, desgleichen die Bürsten, sofern Gewebebürsten verwendet werden.

Den Bürsten muß überhaupt die größte Beachtung geschenkt werden, denn von der guten und richtigen Behandlung des Bürstenapparates hängt die gute Funktion und die Lebensdauer der Dynamo ab. Man achte darauf, daß die Maschine niemals funkt, und sollte einmal ein Feuern an den Bürsten eintreten, dann forsche man nach der Ursache und stelle unverzüglich den Fehler ab. Das Feuern an den Bürsten ist nicht bloß mit einem zu raschen Konsum des Bürstenmaterials verbunden, sondern es wird auch der Kollektor dabei konsumiert und ist die Erneuerung dieses Teils immer mit einer nicht unbedeutenden Ausgabe verknüpft.

Eine gute Dynamomaschine darf auch bei ununterbrochenem Dauerbetrieb, gute Wartung vorausgesetzt, nicht feuern. Tritt starke Funkenbildung auf, dann kann dies folgende Gründe haben:

1. die Bürsten haben eine unrichtige Stellung am Kollektor;
2. der Kollektor ist unrund oder stellenweise angegriffen;
3. die ganze Maschine vibriert, oder die Lager sind ausgelaufen, und der Anker läuft nicht mehr zentrisch;
4. die Maschine ist überlastet;
5. die Maschine ist zu schwach erregt.

Besonders letzter Punkt wird seitens der Praktiker viel zu wenig beachtet, und manche glauben, der Maschine jede ihnen beliebte Regulierung zumuten zu können. Maschinen mit Wendepolen sind in dieser Hinsicht allerdings recht unempfindlich; man kann sie von 4 Volt beispielsweise bis auf 1 Volt herabregulieren, ohne daß sich die funkenfreie Stromabgabe irgendwie gestört zeigt. Bei gewöhnlichen Maschinen aber, die diese feinere Konstruktion nicht zeigen, muß sofort ein starkes Feuern eintreten, wenn die normale Klemmenspannung, für welche die Dynamo gebaut ist, mittels des Nebenschluß-Regulators allzuweit unter das Normale heruntergedrückt wird. Bei solchen Maschinen müssen unbedingt die im theoretischen Teil gegebenen Vorschriften für die Regulierung der Nebenschluß-Dynamos für Elektrolyse eingehalten werden.

Die in neuerer Zeit mit Kupferkohlen ausgerüsteten Niederspannungs-Dynamos erfordern selbstredend nicht minder eine

aufmerksame Wartung. Besonders ist darauf zu achten, daß der Kollektor rein und frei von Fett erhalten wird, und daß die Kohlen gut auf der Kollektoroberfläche eingeschliffen sind. Werden einmal neue Kohlen eingesetzt, weil die alten verbraucht sind, so darf man der Maschine nicht eher Strom entnehmen, bis die Kohlen wirklich mit ihrem ganzen Querschnitt satt am Kollektor aufliegen.

Ist der Kollektor rissig, furchig oder unrund geworden, so nehme man den Anker aus der Maschine heraus, drehe vorsichtig den Kollektor ab, und die Maschine wird dann ihren Dienst in normaler Weise wieder tun.

Betrieb mit Akkumulatoren in der Galvanotechnik. Für Tagbetrieb werden Akkumulatoren wohl in den seltensten Fällen zur Verwendung kommen; wenn aber die Bäder auch während der Nachtzeit funktionieren sollen (für sehr starke Niederschläge in der Kupfer- und Silbergalvanoplastik, ferner für spezielle Zwecke der Nickel- und Stahlgalvanoplastik), dann ist, wenn kein Aggregat oder Einanker-Umformer vorhanden, die Verwendung von Akkumulatoren vorteilhaft. Im theoretischen Teil dieses Werkes wurde S. 110 bis 133 alles Wissenswerte hierüber eingehend erklärt; Verfasser beschränkt sich daher hier nur darauf, nochmals zu wiederholen, daß zum Laden der Akkumulatoren während der Tageszeit bei kleinen Anlagen die gemeinschaftliche Dynamomaschine benützt werden kann, welche gleichzeitig die Elektroplattierbäder betreibt, siehe Seite 132, Figur 57. Bei größeren Anlagen dagegen ist es vorteilhafter, eine ausschließlich zur Ladung bestimmte Dynamo zu verwenden, siehe Seite 188, Figur 56; es vereinfacht dies die Anlage sowohl als auch den Betrieb. Auch sei hier nochmals bemerkt, daß eine für Lichtstrom geladene Akkumalatorenbatterie für unsere Elektroplattierarbeiten direkt nicht zu verwenden ist; es müßten die einzelnen Zellen »parallel« umgeschaltet werden, und das wird niemals praktisch sein; das Entladen einzelner Zellen aus einer größeren Batterie heraus ist dagegen für die ganze Batterie gefährlich, da Akkumulatorenbatterien nur dann längere Zeit halten, wenn alle Zellen gleichartig entladen und wieder gleichartig aufgeladen werden.

Anlage der Stromleitung für Dynamobetrieb. Verfasser hatte während seiner Praxis viel Gelegenheit zu beobachten, daß in den allermeisten Fällen bei Einrichtungen mit Dynamomaschinen diese wohl mit richtigen, oft sogar mit unnötig hohen Stromleistungen angeschafft wurden, aber die Leitungsanlagen wurden unrichtig ausgeführt, meist mit zu geringem Querschnitt oder mangelhaften Kontakten. In unzweckmäßiger Sparsamkeit werden oft die geringen Kosten gescheut, welche durch die Zuziehung eines verständigen Fachmannes verursacht werden; man hält die Leitung für nebensächlich, glaubt diese selbst ausführen zu können, oder überläßt es einem oft nicht eingeweihten Galvaniseur, der in seinem Fach recht tüchtig sein kann, von dem aber nicht zu verlangen ist, daß er die erforderlichen Leitungsquerschnitte berechnen und die Folgen einer mangelhaften Leitungsanlage beurteilen könne.

Verfasser hat erfahren, daß selbst Beleuchtungs- und Telegraphentechniker bei Leitungsanlagen für galvanische Anlagen Fehler begingen; Verfasser ist weit entfernt, ihnen einen Vorwurf machen zu wollen, dem jedes spezielle Fach hat eben seine eigene Erfahrung und eigenen Normen. Sowohl der Telegraphen- als auch der Beleuchtungstechniker sind beide an Leitungen mit geringerem Querschnitt gewöhnt; ersterer hat überhaupt nur mit minimalen Stromstärken zu rechnen, letzterer mit höheren Stromspannungen, die selbst bei großen Entfernungen keine besonders starken Leitungen erfordern. Wir dagegen arbeiten mit großen Stromstärken bei niederer Spannung (meistens 4 bis 5 V), und dieser Umstand ist es, der stark dimensionierte Leitungen fordert, um unnötigen Spannungsverlust zu vermeiden.

Grobe Fehler werden auch mit Verwendung ungeeigneter Stromregulatoren gemacht, die ja auch einen Bestandteil der Leitung bilden, daher besprochen sein müssen. Der Zweck der Regulatoren ist, einen vorhandenen Spannungsüberschuß aufzunehmen, zu vernichten und eine bestimmte Stromstärke durchzulassen; ist der Widerstand eines Regulators zu gering, so wird die Reguliergrenze zu groß; bei geringem Strombedarf wird man nicht regulieren können; ist der Widerstand des Regulators zu groß, so kann bei größerem Strombedarf

genügend Strom durch und das ist der gröbere Fehler, der Regulator hemmt in diesem Fall anstatt zu nützen. Es ist daher die Wahl eines Regulators keineswegs so nebensächlich, wie oft angenommen wird, sondern es ist sogar sehr wichtig, daß dessen Widerstände von einem gebildeten Elektrotechniker den Anforderungen entsprechend berechnet und bestimmt werden.

Solange nicht die volle Leistung der Elektrizitätsquelle beansprucht wird, ist die Mangelhaftigkeit einer unrichtig angelegten Leitung weniger fühlbar; wird aber der Vollbedarf der maximalen Stromleistung beansprucht, dann zeigen sich die nachteiligen Folgen; es fehlt an Strom in den Bädern, obwohl die Dynamomaschine genügend zu leisten imstande wäre; die mangelhafte Leitung läßt den Strom nicht durch, die Leistung der Elektrizitätsquelle kann nicht ausgenützt werden.

Nachfolgende Erklärungen mögen dazu dienen, bei vielen schon bestehenden Anlagen diese Mängel zu erkennen und abzuhelfen, bei Neueinrichtungen gegen ähnliche Fehler zu schützen.

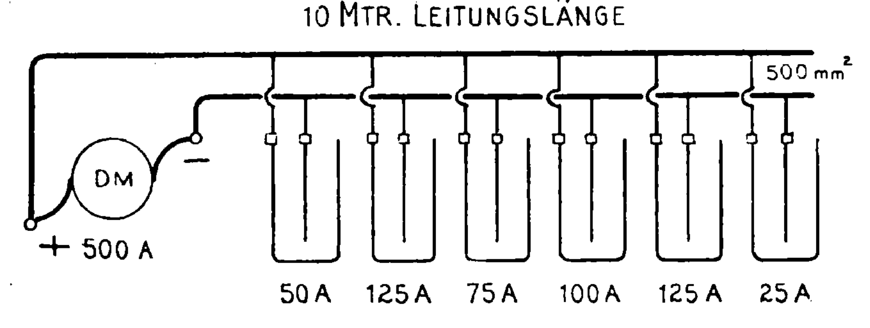
Die Leitung, welche von der Dynamo ausgeht, den Bädern entlang an der Wand oder an der Decke geführt wird, nennen wir »die Hauptleitung«; die Abzweigungen von der Hauptleitung in die einzelnen Bäder nennen wir die »Zweigleitung oder Badleitung«.

Wir nehmen als normale Leitungslänge, das ist die Länge der Leitung von der Elektrizitätsquelle (sagen wir von der Dynamo) bis zum entferntest stehenden Bad, bis 10 m an; da rechnen wir bei 4 V Spannung per 1 A zirkulierender Stromstärke einen erforderlichen Querschnitt der Leitung von rund 1 qmm; jede Leitung, wenn nicht über 10 m lang, muß also rund so viel Quadratmillimeter Querschnitt besitzen, als Amper maximaler Stromstärke zirkulieren sollen. Nehmen wir beispielsweise an, wir betreiben sechs Bäder, deren Gesamtstrombedarf 500 A beträgt, mit einer Dynamo, die bei 4 V 500 A leistet.

Für die Bestimmung des Querschnittes der Hauptleitung sind nun folgende von den lokalen Verhältnissen bedingte Umstände in Betracht zu ziehen:

Entweder wird die Dynamo seitlich der Bäder aufgestellt, wie Figur 71 zeigt; in diesem Fall zirkuliert in der 10 m langen Hauptleitung die ganze Stromleistung der Dynamo von 500 A bei 4 V, diese muß daher mit 500 qmm Querschnitt dimensioniert sein. Oder die Dynamo wird in Mitte der Bäder aufgestellt wie Fig. 72; in diesem Fall wird man die Bäder auf beiden Seiten so verteilen, daß jede Seite 250 A zugeführt bekommt, es genügt demnach ein Leitungsquerschnitt von nur 250 qmm, und wir können auf jeder Seite 10 m weit leiten, gewinnen also eine Aufstellungslänge für die Bäder von zusammen 20 m.

Fig. 71.



Aufstellung der Dynamo seitlich der Bäder.

Es ergibt sich weiter von selbst, daß wir bei Aufstellung der Dynamo in Mitte der Bäder diese auch nach vier Richtungen je 10 m weit verteilen können; dann müssen die Bäder so verteilt sein, daß jede Gruppe 125 A beansprucht, die Leitungen erfordern jede nur 125 qmm Querschnitt, und die Aufstellungslänge für die Bäder beträgt 40 m.

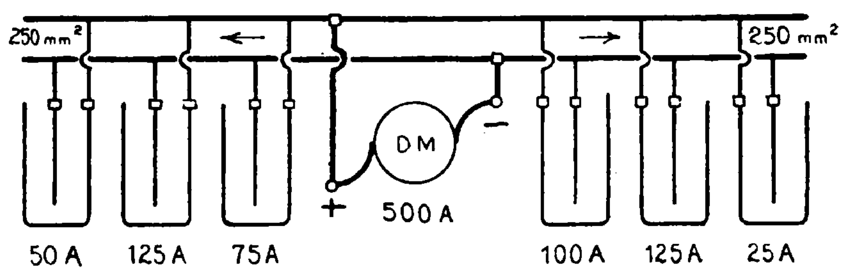
Bei Betrieb einer großen Anzahl kleiner Bäder dürfte diese konzentrische Anordnung der Stromverteilung der vergrößerten Bäderaufstellungslänge wegen erwünscht sein, wenn es die lokalen Verhältnisse zulassen oder andere spezielle Verhältnisse, wie z. B. die Zirkulation der Elektrolyte usw., eine solche Aufstellung wünschenswert erscheinen lassen.

Auch für die Bestimmungen der Querschnitte für die Zweigleitungen (von der Hauptleitung in die Bäder) gilt die

gleiche Norm. Werden Leitungen länger angelegt, oder sind anormale Stromverhältnisse, so muß ein gebildeter Elektrotechniker zu Rate gezogen werden, der die Dimensionierung und Anlage der Leitung bestimmen wird; bei der Verschiedenheit der in der Praxis so sehr variierenden Verhältnisse ist es nicht möglich, ganz allgemeine Vorschriften zu geben.

Die mangelhaften Kontakte in der Leitung sind auch ein Umstand, der sehr oft nicht beachtet wird und Ursache ist, daß die vorhandene Stromquelle nicht das zu leisten vermag, was sie bei guten Kontakten leisten könnte. Wir bezeichnen

Fig. 72.



Aufstellung der Dynamo in Mitte der Bäder.

als Kontakte alle jene Stellen in der Leitung, wo Strom abgezweigt oder weitergeleitet wird, so die Stelle der Abzweigung von der Elektrizitätsquelle, die Stelle des Anschlusses an das Bad oder an die Hauptleitung, die Stellen der Abzweigungen von der Hauptleitung in die Bäder oder der Anschlüsse an die Strommeßapparate (Ampermesser), an die Regulatoren, an die Bäderleitung, überhaupt alle »Verbindungsstellen« in der Stromleitung. Alle diese Kontaktstellen müssen möglichst große metallreine Berührungsflächen und innige Berührung besitzen; mangelhafte Kontakte verursachen Widerstände in der Stromleitüng, das ist Stromverlust; gerade bei unseren Stromverhältnissen (große Stromstärken bei geringer Spannung) machen sich schlechte Kontakte ungemein fühlbar. Es empfiehlt sich, alle Kontakte (Verbindungs-, Ableitungs-, Weiter-

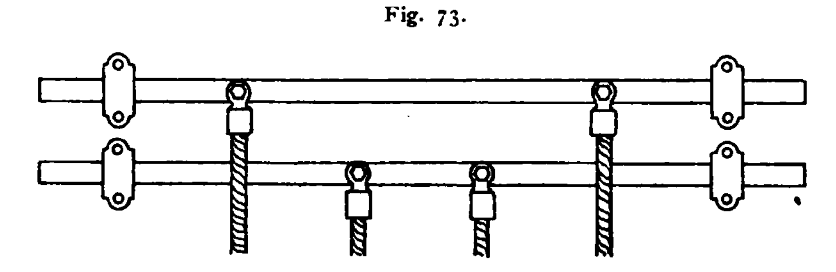
leitungsstellen) zu verlöten, wenn sie nicht auseinandergenommen werden müssen; das Verlöten ist das sicherste, verläßlichste Mittel, um dauernd einen innigen Kontakt zu sichern und Leitungsstörungen und Stromverluste zu vermeiden. Diejenigen Kontaktstellen, die öfters auseinandergenommen werden, wie die Verbindungen mit den Anoden- und Warenleitungen der Bäder u. ä., pflegt man zu verschrauben. Die bisher üblich gewesenen sogenannten Muffen-Klemmen ohne Verlötung sind nicht praktisch, weil sie, meist auf runde Stangen gesteckt, größer gebohrt sein müssen, also durchaus keinen innigen Kontakt bieten. Man verwendet besser sogenannte Kabelösen, das sind kurze Rohre, die in eine flache Öse enden; die eine Kabelöse wird an die runde Kupferstange (Waren- oder Anodenträger der Bäder) angelötet, die zweite an das Verbindungskabel, beide mit einer Mutterschraube verbunden und fest verschraubt, das bietet eine solide Verbindung, die leicht auseinandergenommen werden kann.

Auch die bisher üblich gewesenen runden Kupferstangen den Bädern entlang als Hauptleitung zu verwenden ist nicht das Zweckmäßigste, weil man zur Abzweigung nur auf hohl aufsitzende Klemmen mit ungenügendem Kontakt angewiesen ist, die leicht Stromverluste verursachen. Solche runde Stangen sind nur bei kleineren Stromstärken angängig und dort praktisch, wo nicht ein fachkundiger Monteur die Leitungsanlage ausführt. Man verwendet jetzt für die Hauptleitungen bei größeren Stromstärken flache Kupferschienen, mit isolierten Holzträgern oder Parzellen-Isolatoren an die Wand befestigt, und macht die Ableitungen mit satt anliegenden und fest angeschraubten Kabelösen; zur Verbindung und Weiterleitung dienen praktischerweise weiche biegsame, aus ganz dünnen Kupferdrähten angefertigte Kabel mit entsprechendem Leitungsquerschnitt, welche den Vorteil der Nachgiebigkeit und bequemeren Montierungsmöglichkeit bieten. Die Kabel werden in die Kabelösen eingelötet, zur Sicherung des dauernden ungestörten Kontaktes. Figur 73 zeigt eine solche Hauptleitung mit Abzweigungen.

Wie im theoretischen Teil bereits ausführlich erklärt, ist die Anwendung von Strommeßapparaten für den rationell

arbeitenden Elektroplattierer eine nicht zu umgehende Notwendigkeit. Ein gemeinschaftlicher Ampermesser, welcher unmittelbar bei der Dynamomaschine vor der Abzweigung in die Bäder in die Hauptleitung eingeschaltet ist, zeigt uns den von der Dynamomaschine gelieferten Strom an und dient zur Kontrolle für die Belastung der Maschine, welche nicht über die angegebene Leistungsfähigkeit gesteigert werden darf. Es empfiehlt sich, zur Bequemlichkeit des Bedienungspersonales auf der Skala des Ampermessers einen auf große

Fig. 73.



Darstellung einer zweckmäßigen Hauptleitung entlang der Bäder aus Flachkupferschienen, die Abzweigungen mit Kabel und Kabelösen.

Entfernung sichtbaren roten Strich zu machen, welcher die Maximalleistung der Dynamomaschine markiert, gerade so wie dies bei Manometern der Dampfkessel allgemein üblich ist, um den nachteiligen Folgen der Überlastung vorzubeugen.

Von größtem praktischen Wert neben dem Ampermesser ist für den Elektroplattierer der Voltmesser!

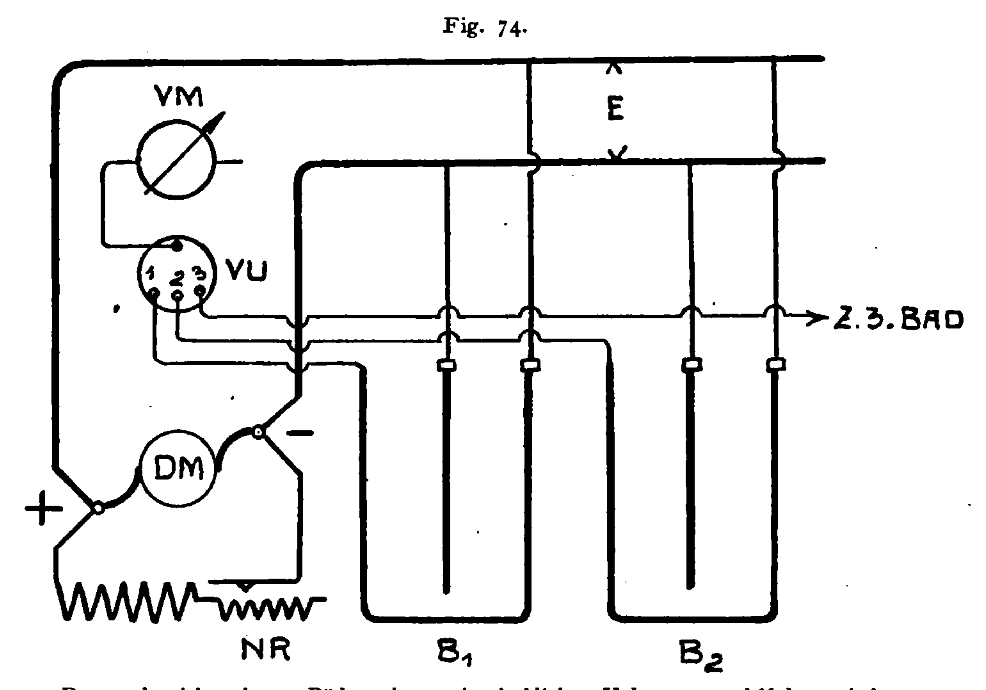
Der Voltmesser, der bei leerem Bad die Spannung der Außenleitung anzeigte, wird beim Beschicken des Bades sofort die Badspannung anzeigen, welche ein Maß ist und eine Kontrolle für die auf die Ware des betreffenden Bades entfallende Stromdichte, die Grundbedingung für die Qualität des Niederschlages, somit die Sicherung für das unfehlbare Gelingen der Arbeit.

Es geht wohl an, für sämtliche Bäder und die Stromquelle nur einen gemeinschaftlichen Voltmesser zu gebrauchen und diesen mittelst eines Voltumschalters dort einzuschalten, wo

man die Spannung zu wissen wünscht, siehe schematische Darstellung Figur 74.

Aber praktisch bewährt sich dies insbesondere bei größeren Anlagen nicht, weil die Übersichtlichkeit und die Handhabung der Meß- und Regulierapparate erschwert ist, da die Regulatoren, der Voltmesser und der Voltumschalter zu weit voneinander entfernt sind. Überdies wird der Fall eintreten, daß

Fig. 74.



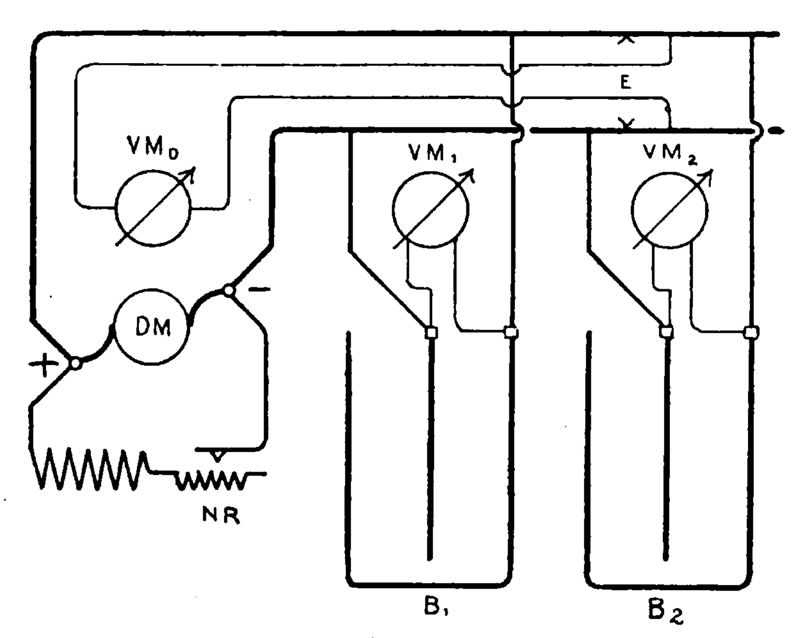
Dynamobetrieb mehrerer Bäder mit gemeinschaftlichem Voltmesser und Voltumschalter.

sich die Arbeiter an den Bädern beim Regulieren des Stromes gegenseitig im Weg stehen; der Vorgang beim Beschicken der Bäder ist ja der, daß der Arbeiter beim Einhängen jeder größeren Partie Ware sofort die vorgeschriebene Badspannung zu regulieren hat, wobei er die Nadelstellung des Voltmessers im Auge haben muß. Haben nun mehrere Arbeiter nur einen gemeinschaftlichen Voltmesser zur Verfügung, so muß jeder mit der Beschickung seines Bades so lange warten, bis der andere fertig ist. Daraus ergibt sich das Bedürfnis, für jedes Bad sowie auch für die Stromquelle, respektive das Netz je

einen eigenen Voltmesser zu besitzen. In Figur 75 ist eine derartige Anlage schematisch dargestellt.

Im Interesse der Haltbarkeit der Meß-, Regulier- und Schaltapparate, die bei einer Anlage mit Dynamomaschine unerläßlich sind, montiert man die Apparate auf sogen. Schalttafeln, auch Schaltbretter genannt (siehe Figur 76). Man erleichtert und vereinfacht sich dadurch nicht allein die

Fig. 75.



Dynamobetrieb mehrerer Bäder, jedes Bad und die Dynamo mit eigenem Voltmesser.

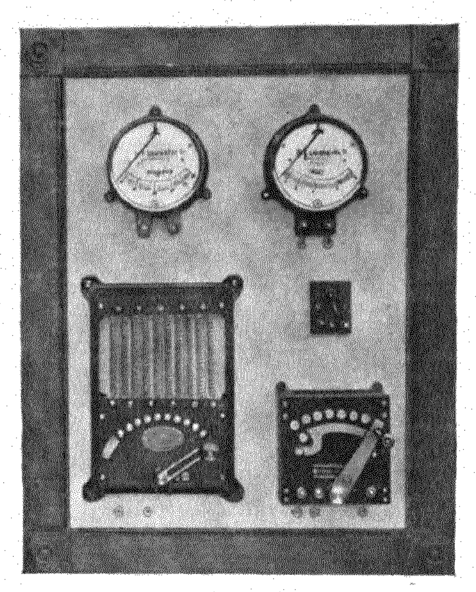
unbedingt notwendig sichere Montierung der Apparate an der Wand, sondern es gewinnt die ganze Anlage an Übersichtlichkeit, Schönheit und Vollkommenheit. Man unterscheidet zwischen Zentral-Schalttafeln für die Stromquelle und Bäder-Schalttafeln, welch letztere nur die zur Stromregulierung und Kontrolle der richtigen Stromverhältnisse erforderlichen Apparate wie Badstrom-Regulator, Amper- und Voltmesser mit dem für das betr. Bad nötigen Meßbereich zu enthalten pflegen.

Die Schalttafel wird stets in unmittelbarer Nähe der Maschinenanlage bzw. in unmittelbarer Nähe des betreffenden

Bades anzubringen sein. Sind die Verbindungen der Apparate mit den Leitungen auf der Vorderseite der Schalttafel ausgeführt, dann kann man die Schalttafel durch mehrere starke Schrauben direkt an der Wand befestigen. Führt man aber die Verbindungen auf der Rückseite aus, dann muß diese leicht zugänglich sein, um bei eventuell vorkommenden Störungen die Kontakte und Leitungen nachsehen zu können. Man läßt in solchen Fällen bei großen



Fig. 76.



Schalttafel.

Zentral-Schalttafeln so viel Raum zwischen Schaltbrett und Wand frei, daß ein Mann dazwischen noch Platz hat, um mit den Werkzeugen manipulieren zu können. Aus Schönheitsrücksichten verkleidet man den bleibenden Zwischenraum seitlich mit Holz und macht zweckmäßigerweise (bei größeren Schalttafeln) auf der einen Seite eine verschließbare Tür.

Für Elektroplattieranlagen, in denen die Dynamomaschine von einer Transmission durch Riemen angetrieben wird, wo also nur die Apparate und Leitungen für die niedere Klemmenspannung der Dynamomaschine am Schaltbrett untergebracht werden, verwendet man im allgemeinen Schalttafeln aus Holz,

schraubt die verschiedenen Apparate darauf und verbindet sie mit den zugehörigen Leitungen, dem jeweiligen Schaltungsschema entsprechend, wobei man ebenfalls die früher besprochenen Gesichtspunkte für Leitungsanlagen im Auge behalten muß, also neben der Feuersicherheit der Anlage für möglichst geringe Übergangs- und Leitungswiderstände Sorge zu tragen hat.

Für Aggregate, überhaupt für Anlagen, bei denen Maschinen oder Motoren mit höherer Klemmenspannung zur Verwendung kommen, verwendet man meist die feuersicheren Marmorschalttafeln; aber auch Schalttafeln aus Holz sind verwendbar, wenn die Montierung feuersicher und richtig ausgeführt wird.

Alle zusammengehörigen Apparate müssen auf der Schalttafel so angeordnet sein, daß der Maschinenwärter diese gleichzeitig gebrauchen kann. So wird man den Nebenschlußregulator nicht zu weit vom Maschinenvoltmesser anbringen, sondern so, daß der Maschinenwärter während des Regulierens mit dem Nebenschlußregulator gleichzeitig die Nadelstellung des Voltmessers beobachten kann. Noch wichtiger wird diese Vorschrift, sobald Parallelbetrieb mehrerer Dynamomaschinen oder der Betrieb von Dynamomaschinen neben Akkumulatoren verlangt wird, wo also mehrere Regulierapparate und Voltmesser gleichzeitig zur Verwendung gelangen.

Betrieb mit Elementen.

Wenn keine Motorkraft vorhanden ist, ist man darauf angewiesen, den zum Betrieb der Elektroplattierung erforderlichen Strom mit galvanischen Elementen zu erzeugen; es leuchtet ein, daß der Betrieb mit Elementen weniger rationell ist als mit Dynamomaschine, ferner daß größere Einrichtungen mit Elementbetrieb überhaupt ein Unding sind, weil derartige Anstalten niemals mit solchen mit Dynamomaschinen betriebenen in Konkurrenz treten können, da sie nicht das zu leisten vermögen, weder in der Tagesproduktion noch in den Produktionskosten und in der Solidität der Arbeit, wie die mit Dynamomaschinen rationell eingerichteten Elektroplattieranstalten.

Jedesmal bei Beginn der Arbeit müssen die Elemente erst instand gesetzt, die Kontakte gereinigt, die Füllungen ganz oder teilweise erneuert werden, das erfordert Zeit und Arbeit; erfahrungsgemäß rechnet man für ein mittelgroßes Bunsen-Element für Verbrauch an Chemikalien, Konsum der Bestandteile, für Arbeitslohn, für Instandhaltung usf. per Woche zwei Mark.

Die Stromleistung der Elemente ist nicht konstant; frisch gefüllt wirken sie am kräftigsten, lassen aber allmählich nach, und das ist für den Betrieb der Elektroplattierung speziell bei größeren Betrieben recht unbequem.

Von den verschiedenen im theoretischen Teil besprochenen galvanischen Elementen können für unsere Industrie praktisch nur die Bunsen-Elemente in Betracht gezogen werden, da diese die leistungsfähigsten und ausdauerndsten sind, deren Säuredämpfe (sofern die Original-Bunsenfüllung in Frage kommt) jedoch ihre Aufstellung im Arbeitsraum ausschließt, weil sowohl die Arbeiter in ihrer Gesundheit leiden, als auch Werkzeuge und Waren Schaden nehmen würden.

Dem Übelstand der lästigen Entwickelung von Säuredämpfen begegnet man dadurch, daß man die Elemente an einen Ort stellt, von wo die Ausdünstungen direkt ins Freie geleitet werden, etwa unter einen gut ziehenden Abzug (am besten außerhalb des Elektroplattierlokales) und den Strom durch isolierte Leitungsdrähte zu den Bädern leitet. Die Art und Weise der Zusammenstellung der Elemente zu Batterien sowie die Wahl der Größe und Anzahl derselben entsprechend der in das Bad eingehängten Warenfläche werden wir bei den einzelnen Elektroplattierungen kennen lernen.

Hier sei nur bemerkt, daß dem unvermeidlichen Nachlassen der Stromwirkung dadurch vorgebeugt werden kann, daß man je nach der Schaltungsart ein Element oder eine auf Stromquantum verbundene Elementgruppe auf Spannung zuschaltet; selbstverständlich wird man die dadurch anfänglich erreichte zu hohe Spannung durch einen geeigneten Stromregulator abschwächen und beim Nachlassen der Stromwirkung der Batterie den Regulatorwiderstand je nach Bedarf mehr oder weniger ausschalten.

Die Bunsen-Elemente bestehen bekanntlich aus einem Außentopf oder Glas, worin ein Zinkzylinder eingestellt ist, in diesem eine poröse Zelle mit einem Kohlenprisma, siehe Figur 31 und 32, Seite 58.

Das Außengefäß wird mit der nachfolgend angegebenen Zinkerregerlösung gefüllt, die poröse Zelle normalweise mit 40-gradiger Salpetersäure.

Die Zinkerregerlösung stellt man sich in größeren Quantitäten her, um stets Vorrat davon zu haben; deren Zusammensetzung ist folgende:

Wasser	10 l
Schwefelsäure 66°	1 kg
Amalgamiersalz	100 g.

Obige Reihenfolge ist bei der Bereitung einzuhalten, die Lösung vor dem Gebrauch erkalten zu lassen. Das beigegebene Amalgamiersalz hat den Zweck, die Zinkelektrode mit Quecksilber fortdauernd zu überziehen, um es vor der Lokalaktion zu schützen.

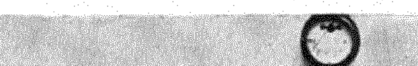
Die zu einer Batterie zusammengestellten Elemente müssen gleich groß, alle gleich hoch gefüllt und die Füllung von gleicher Beschaffenheit sein. Bei jedesmaligem Zusammenstellen der Elemente sind die Kontaktflächen der Klemmen mit einer Flachfeile oder durch einfaches Gelbbrennen metallblank rein zu machen, damit der Strom ungehindert zirkulieren kann. Eine ausführliche Erklärung der Füllung und Behandlung der Elemente wird übrigens von den betr. Firmen bei Lieferung solcher Elemente beigefügt und sei auch auf solche Anleitungen verwiesen.

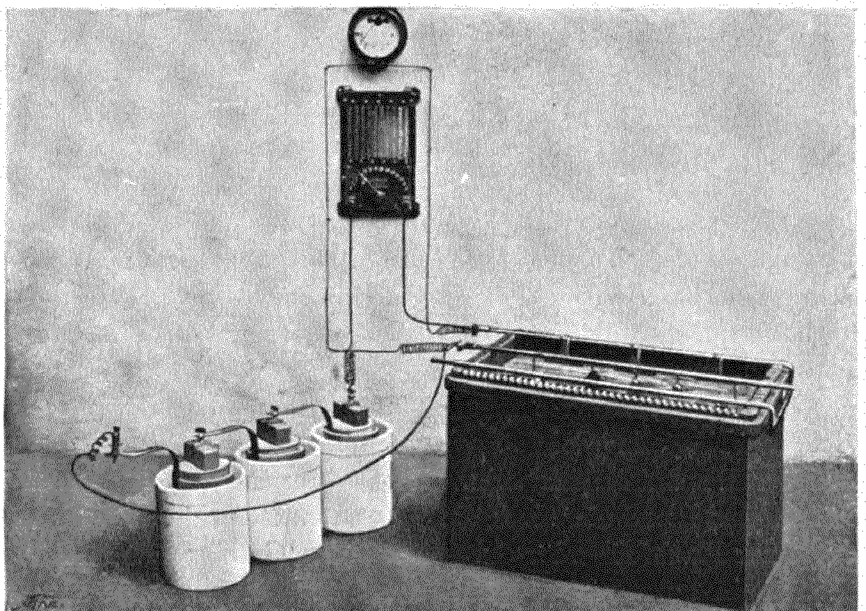
Die Verbindung der Batterie mit dem Bad geschieht in der Weise, daß der freibleibende Zinkpol (— Pol) mit der Warenleitung, der freibleibende Kohlenpol (+ Pol) mit der Anodenleitung des Bades mittelst isolierten Kupferdrahtes verbunden wird, wie Fig. 77 zeigt.

Die Wirkungsdauer der Elemente hängt natürlich von deren Inanspruchnahme ab; bei größerem Stromverbrauch erschöpfen sie sich begreiflicherweise rascher als bei kleinen Stromentnahmen.

Für kleine Bäder bis zu etwa 100 l empfehlen sich die zusammengestellten Tauchbatterien, weil bei diesen die lästige Säureausdünstung dadurch vermieden ist, daß statt der Salpetersäure die Chromsäure verwendet wird. Wenn auch nicht zu leugnen ist, daß die Tauchbatterien einen weniger lang anhaltenden Strom geben als die mit Originalfüllung versehenen Bunsenelemente, so läßt sich dies dadurch ausgleichen, daß

Fig. 77.





Elektroplattieren mit Bunsen-Elementen.

man die Erregerlösungen öfter erneuert; deren Preis ist ja nur sehr gering.

Diese Tauchbatterien bieten den Vorteil, daß sie unmittelbar beim Bad im Arbeitsraum aufgestellt werden können, daß sie jederzeit betriebsbereit, bequem zu handhaben sind und die Stromregulierung durch mehr oder weniger tiefes Eintauchen der Elektroden und durch die leicht zu bewerkstelligende Schaltung der Elemente auch ohne Stromregulutor ausgeführt werden kann.

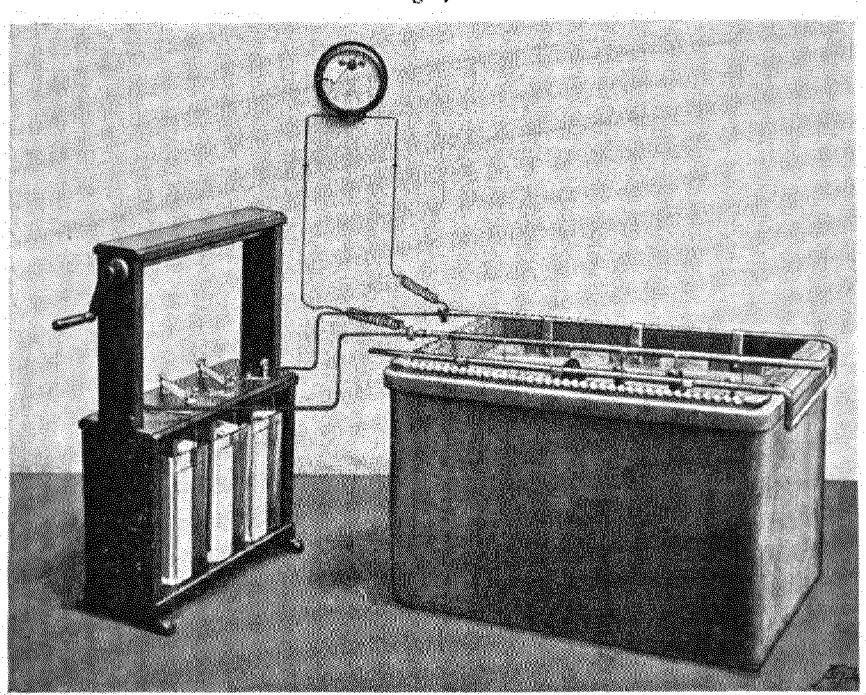
Figur 78 zeigt die Zusammenstellung eines Bades mit Tauchbatterie nach Pfanhauser.

Die Verbindung ist die gleiche wie bei Bunsenelementen: freier Zinkpol (— Pol) der Batterie mit der Warenleitung, freier Kohlenpol (+ Pol) mit der Anodenleitung des Bades.

Die Tauchbatterien werden ebenso wie die Bunsenelemente mit zwei voneinander getrennten Erregerlösungen gefüllt, und



Fig. 78.



Elektroplattieren mit Tauchbatterie.

zwar dient für die Zinkelektroden die gleiche Lösung wie bei den Bunsenelementen:

Wasser	**10 l**
Schwefelsäure 66°	**1 kg**
Amalgamiersalz	**100 g**

für die Kohlenelektroden folgende Erregerlösung:

Wasser	**10 l**	umrührend lösen, vor der Verwendung erkalten lassen.
Chromnatron . . .	**1,5 kg**	
Schwefelsäure 66°	**6 „**	

Im allgemeinen sei bemerkt, daß der Raum, in dem die Elemente untergebracht sind, eine mittlere Temperatur von

15 bis 20° C besitzen muß, denn: haben die Elemente zu kalt, so erhöht sich nicht nur der innere Widerstand, sondern es sinkt auch die depolarisierende Wirkung der Chromsäure bzw. Salpetersäure, mit einem Wort, die Elemente wirken weniger intensiv; haben sie dagegen zu warm, so erschöpfen sie sich zu bald, es steigt die Lokalaktion am Zink.

Auch für den mit Elementen arbeitenden Elektroplattierer ist es von großem Wert, einen Voltmesser zu verwenden, der je nach der im Bad hängenden Warenfläche die Badspannung anzeigt. Diese kleine Ausgabe wird sich durch Vermeidung von Mißerfolgen lohnen. Die Einschaltung des Voltmessers ist im theoretischen Teil in Figur 65, Seite 198 sowohl als auch in den vorhergehenden Darstellungen Figuren 77 und 78 ersichtlich gemacht.

Reinigen der Metallobjekte vor dem Elektroplattieren (Dekapieren).

Das Reinigen der Metallobjekte vor dem Elektroplattieren ist ein Kapitel, das wir ganz besonders ausführlich besprechen müssen, weil in der Hauptsache davon das Gelingen der Elektroplattierung abhängt. Wenn wir Metalle mit anderen Metallen festhaftend überziehen wollen, müssen wir deren Oberfläche vor allem metallblank und absolut rein machen, das heißt jede Spur von Zunder, Gußhaut, Oxyd, Fett usw. mit gewissenhaftester Sorgfalt entfernen. Vergl. das Kapitel: Über das Festhaften der elektrolytischen Metallniederschläge auf metallischer Unterlage im theoretischen Teil.

Wird dies außer acht gelassen oder vernachlässigt, so erhält man entweder gar keinen Niederschlag, oder er fällt mißfarbig, unschön aus, haftet nicht fest, läßt sich bei der geringsten Reibung wieder entfernen; das nennt der Elektroplattierer das »Aufsteigen« des Niederschlages.

Im folgenden Kapitel sollen nun die für gewöhnlich vorkommenden Metalle summarisch behandelt werden. Dem Aluminium hat Verfasser ein separates Kapitel gewidmet und dort die Vorbereitungsmethoden, die für Aluminium in Frage kommen, speziell erörtert.

Die Art der Reinigung der Metalle ist sehr verschieden und richtet sich nach der Natur der verschiedenen Metalle und der Vorbearbeitung derselben. Unter Vorbearbeitung der Metalle verstehen wir denjenigen Zustand, in dem diese zur Elektroplattierung gelangen; der weitaus größte Teil der Metallwaren wird der herrschenden Mode entsprechend mit Hochglanz versehen (geschliffen, glanzpoliert) in den Handel gebracht, wie Fahrräder, Schlittschuhe, chirurgische Instrumente, die meisten Objekte der Kunstmetallindustrie etc.

Die Durchführung des Glanzschleifens (Polierens) wird in einem späteren Abschnitt besprochen werden, und hier anschließend sei zunächst das Reinigen der glanzpolierten Waren vor dem Elektroplattieren erörtert.

Alle Metallobjekte, wie sie aus der Hand des Arbeiters kommen, sind mehr oder weniger mit Fett behaftet, am allermeisten die glanzpolierten Gegenstände, weil ja bei der Manipulation des Polierens Fett verwendet wird. Vor allem muß also jede Spur von Fett entfernt werden. Dies geschieht entweder durch Verseifung in kochender Ätznatronlauge oder durch direktes Lösen des Fettes in geeigneten Lösungsmitteln, wie Spiritus, Benzin u. ä., und zwar gibt man ersterer Methode allgemein den Vorzug, weil sie eine radikalere, verläßlichere Entfettung sichert, ist aber nur dann anwendbar, wenn es sich um Entfernung animalischer oder vegetabilischer Fette handelt, wie Talg, Stearin und Stearinöl, Pflanzenöle u. dgl.

Mineralfette, wie Vaselin, Paraffin, Petroleumrückstände u. dgl. lassen sich nicht verseifen; sind Metallgegenstände mit solchen behaftet, so ist man auf die Verwendung der oben genannten Lösungsmittel angewiesen, die auch die animalischen und vegetabilischen Fette zu lösen vermögen. Letztere Methode des Entfettens kann nur auf kaltem Wege geschehen, weil die angegebenen Lösungsmittel flüchtig und entzündlich, feuergefährlich sind; wenn man daher nicht (durch Vorhandensein uuverseifbarer Fette) dazu gezwungen ist, wird man sie, besonders in großen Betrieben, lieber vermeiden.

Reinigen (Dekapieren) glanzpolierter Gegenstände. Entfetten mit kochender Ätznatronlauge. Die ge-

wöhnliche Entfettungslauge für Waren aus Eisen, Stahl, Kupfer, Nickel, Messing und Neusilber besteht aus einer Lösung von

Wasser	10 l
Ätznatron	1 kg

Für Waren aus Zink, Zinn, Blei, Britannia und für weichgelötete Gegenstände benützt man eine Lösung von

Wasser	20 bis 30 l
Ätznatron	1 kg

Letztere Metalle werden nämlich von der konzentrierten Entfettungslauge stark angegriffen, deshalb wird diese weniger konzentriert verwendet und dürfen solche Metallwaren auch nicht sehr lange Zeit der Einwirkung der ätzenden Lauge ausgesetzt werden. Da die mit der Entfettungslauge beabsichtigte Verseifung der Fette radikal bei höherer Temperatur erreicht wird, so pflegt man diese Art der Entfettung am besten in der Kochhitze auszuführen; es muß daher eine Einrichtung vorhanden sein, um diese Lauge dauernd kochend zu erhalten. In größeren Fabriken wird man gewöhnliche eiserne Kessel (eingemauert) mit Herdfeuerung verwenden, oder wenn leicht durchführbar, die Erwärmung mittelst eingelegter eiserner Dampfschlangen bewerkstelligen. Die Langbein-Pfanhauser-Werke bauen hierfür Gefäße in jeder Größe mit eingelegten Rippenheizkörpern, die hier speziell empfohlen seien, weil die Erwärmung der Lauge mit diesen Heizkörpern außerordentlich schnell und unter günstigster Ausnutzung der Heizkraft des Dampfes vor sich geht. Bei kleineren Einrichtungen wird man sich eines kleinen Eisentopfes bedienen, die Erwärmung der Lauge auf einem Herd oder mittelst Gas bewerkstelligen.

Die Manipulation bei dieser Art der Entfettung ist folgende: Um nicht mit der Hand in der ätzenden heißen Lauge manipulieren zu müssen, bindet man die zu entfettenden Gegenstände auf Messing- oder Kupferdraht entsprechender Stärke, mit dem sie nachher in die Elektroplattierbäder eingehängt werden.

Man bringt eine Partie der solcherart vorbereiteten zu entfettenden Waren in die kochende Lauge und beläßt sie

darin, fleißig schüttelnd, je nachdem sie mehr oder weniger mit Fett behaftet sind, entsprechend lange Zeit (einige Minuten genügen in den meisten Fällen), spült dann in reinem Wasser und bürstet mit einem sanften Scheuermittel, wie Kalkbrei oder Schlämmkreide oder wenn man nicht fürchtet, die polierten Gegenstände zu zerkratzen, noch drastischer mit feinem Bimsstein allseitig tüchtig ab. Dieses Reinbürsten hat nicht nur den Zweck, die verseiften Fette vollständig zu entfernen, sondern zugleich auch den durch die kochende Lauge entstandenen »Anlauf« (eine leichte Oxydation des Metalles) zu beseitigen und jene absolute chemische Reinheit der Metalloberfläche zu erzielen, welche zur Erreichung eines tadellosen guten Niederschlages, besonders wenn er in bedeutenderer Stärke aufgetragen werden soll, unbedingt erforderlich ist.

Dies ist, wie schon erwähnt, entschieden die verläßlichste Entfettungs- und Reinigungsmethode, speziell wenn es sich um eine nachherige solidere Elektroplattierung handelt.

Entfetten mit Fettlösungsmitteln. Als solche dienen Benzin, Petroleum, hochgradiger Alkohol, Schwefeläther u. ä., wovon aber in der Praxis meist nur Benzin und Petroleum zur Verwendung kommen, mit denen wegen der großen Feuergefährlichkeit nur in elektrisch beleuchteten Räumen oder nur bei Tageslicht ohne jede offene Flamme manipuliert werden darf. Petroleum möchte Verfasser nicht direkt empfehlen, es ist ein noch zu unreines Produkt, um es als Reinigungsmittel benützen zu können, es hinterläßt Rückstände, die eher schaden, keinesfalls nützen können. Somit bleibt uns nur das Benzin, und von diesem gibt es noch mehr oder weniger unreine Qualitäten; man verwende nur die reinste.

Als Behälter für das leicht flüchtige Benzin werden gewöhnlich Blechgefäße verwendet, mit Deckel versehen, um das Verdunsten möglichst zu verhindern; die zu entfettenden Gegenstände werden eingelegt, mit der Hand oder mit einem Lappen oder einer Bürste bearbeitet, um das Lösen des Fettes zu beschleunigen. Recht zweckmäßig ist es, die Gegenstände vor dem Einlegen in Benzin in heißes Wasser zu tauchen, worin das Fett erweicht und teilweise abgehoben

wird, an die Oberfläche des Wassers steigt, von wo es zeitweise abgeschöpft werden kann; dadurch wird man Benzin sparen.

Der Umstand, daß das Benzin das Fett zu lösen hat, also immer mehr und mehr mit diesem gesättigt, seine fettlösende Wirkung einbüßen wird, erfordert es, daß das Quantum des Benzinbades keinesfalls zu kleinlich sparsam sein darf und womöglich zwei oder drei solcher Benzinbäder nebeneinander zu verwenden seien, um die vollständige Lösung und Entfernung der den Gegenständen anhaftenden Fette tadellos durchführen zu können. Nach dem »Ausbenzinen«, wie der Praktiker diese Entfettungsart nennt, ist es gut, die Gegenstände in kochend heißes Wasser zu tauchen und hierauf mit erwärmten reinen Sägespänen tüchtig abzureiben und zu trocknen. Schließlich wird noch mit Kalkbrei und Schlämmkreide tüchtig und allseitig gebürstet, um damit die letzten Spuren von Fett und eventuellem Anlauf zu beseitigen.

Entfetten mit Kalkbrei. Vielfach üblich ist es, glanzpolierte Gegenstände mittelst Kalkbrei zu entfetten; es sei aber bemerkt, daß dies nur eine oberflächliche Entfettungsart ist, die allein angewendet nur bei leichterer Elektroplattierung zugelassen werden kann, es sei denn, daß eine vorherige Entfettung in anderen schärferen Mitteln bereits stattgefunden hat.

Der Kalkbrei wird bereitet, indem man zerstoßenen, frischgebrannten, sandfreien Maurerkalk (Wienerkalk) mit dem gleichen Volumen Wasser übergießt und so lange umrührt, bis der Kalk vollständig zerfallen einen Brei bildet, den man, wenn er zu konsistent sein sollte, noch mit Wasser verdünnt.

Dieser mit Wasser abgelöschte Kalk ist Ätzkalk, wirkt ähnlich verseifend wie Ätznatron oder Ätzkali, setzt sich aber nach einigen Tagen im Kontakt mit der in der Luft enthaltenen Kohlensäure in kohlensauren Kalk um und ist dann wirkungslos. Man wird daher jeden Tag die erforderliche Menge frisch bereiten.

Recht empfehlenswert ist es, den Kalk vor dem Ablöschen mit der gleichen Menge zerstoßener Soda zu mischen, welche die Wirkungsdauer dieses Entfettungsbreies verlängert. Unter dem Namen Dekapierpulver bzw. Entfettungskomposition bringen die Langbein-Pfanhauser-Werke ein außerordentlich

rasch wirkendes, dabei die Hände weniger angreifendes Präparat in den Handel, das rasch und einwandfrei entfettet und nicht mit anderen Surrogaten verglichen werden kann, denen alles erdenklich Schöne in den entsprechenden Prospekten nachgerühmt wird, das in der Praxis meist doch nicht erfüllt wird. Es sei vor solchen Mitteln, die fast immer jeder chemischen Grundlage entbehren, hier eindringlichst gewarnt.

Man darf ja nicht glauben, daß eine metallische Fläche fettfrei sei, wenn das Wasser an ihr ohne Fettinseln zu bilden glatt abläuft. Es gibt Extrakte, die auch an fetten Stellen die Metalle benetzen, der darauf sich bildende Niederschlag hat aber niemals Gelegenheit, sich mit der metallischen Unterlage zu verbinden, er haftet nicht, selbst wenn er sich augenscheinlich gut bildet, und steigt oft schon im Bade, mit Bestimmtheit aber beim Glänzen und Polieren auf, weil die Fettschichte nicht wirklich entfernt war und dann jede Legierungsmöglichkeit verhindert.

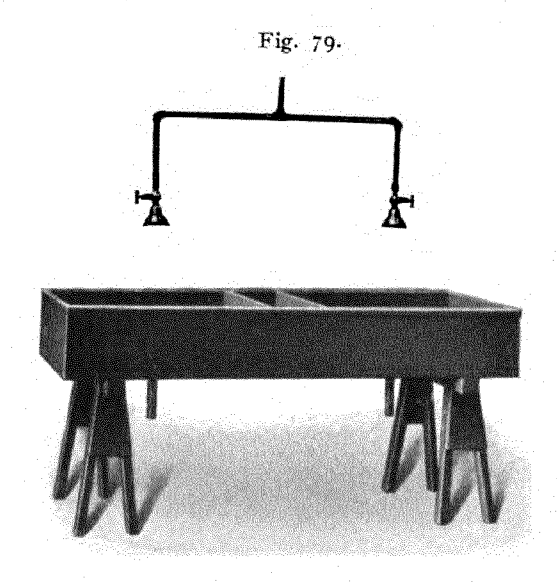
Mit der Entfettungskomposition L.-P.-W. werden die zu entfettenden Gegenstände tüchtig abgebürstet, in reinem Wasser gespült, und wenn man überzeugt zu sein glaubt, daß sie vollständig rein und fettfrei sind, so kann man sie in die Elektroplattierbäder einhängen.

In keiner galvanischen Anstalt sollte ein nach Fig. 79 gebauter Abkalk- bzw. Entfettungstisch fehlen. Wie die Abbildung zeigt, besteht der kastenförmige Behälter, der meist auf Holzböcken ruht, aus mehreren Abteilungen, und zwar dient der kleine mittlere Kastenabteil zur Aufnahme des Entfettungsmittels, wie z. B. des aus Entfettungskomposition mit Wasser angerührten Breies, gewöhnlichen Kalkbrei o. a. Die beiden großen Abteilungen, die wie die mittlere ebenfalls mit mehreren Millimetern starkem Bleiblech dicht ausgelegt sind, dienen zur Aufnahme von Spülwasser und besitzen je ein Ablaufventil. Man legt praktischerweise Bretter über diese großen Abteilungen, und zwar 1 bis 2 auf jede Seite, je nachdem 2 oder 4 Leute an diesen Tischen arbeiten sollen. Die zu entfettenden Waren werden auf diese Bretter gelegt und unter Zuhilfenahme des im mittleren Abteil befindlichen Dekapiermittels von Hand mit Bürsten gereinigt.

Über den großen Abteilungen plazierte Wasserbrausen liefern das reine Spülwasser zwecks endlicher Abbrausung der entfetteten Gegenstände, ehe sie in die galvanischen Bäder gebracht werden.

Von Seilheimer stammt eine rotierende Vorrichtung, die zum Entfetten kleiner Massenartikel dient. Die Vorrichtung ist Genanntem patentiert. Das Entfettungsmittel strömt aus Löchern der hohlen Achse der die zu entfettenden Massenartikel aufnehmenden Trommel, deren Wand zudem perforiert ist. Durch eine Pumpe wird das Entfettungsmittel an

Fig. 79.



Abkalk- bezw. Entfettungstisch.

die in der Trommel kollernden Artikel gespritzt, und es ist begreiflich, daß auf diese Weise auch bei hohlen oder komplizierteren Objekten eine allseitige und bequem zu handhabende Entfernung aller Unreinheiten von der Oberfläche erreicht werden kann.

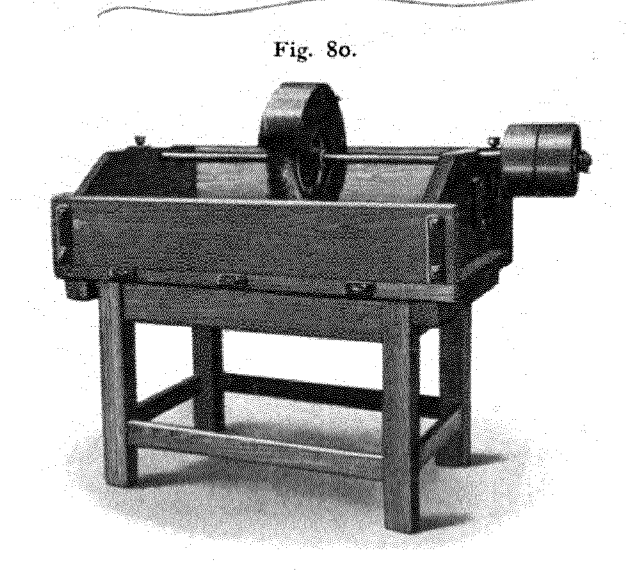
Um ein intensiveres Abkalken als das von Hand unter Zuhilfenahme von Stielbürsten, z. B. bei Fahrradteilen u. a. zu erzielen, bedient man sich am besten der in Fig. 80 abgebildeten Abkalkmaschine.

Diese von den Langbein-Pfanhauser-Werken gebaute Spezialmaschine arbeitet sehr ökonomisch und schnell, ver-

meidet unnötigen Bürstenkonsum und arbeitet radikal in alle Fugen der Gegenstände. Die Maschine wird mit 1, 2, 3 oder noch mehr Bürsten gebaut. Jede Bürste hat eine Schutzhaube, damit das lästige Spritzen vermieden wird. Die dazu verwendeten Bürsten halten sehr lange, auch kann man Bürsten mit auswechselbaren Büscheln (in Metallfuttern gelagert) hierbei verwenden.

Als allgemeines Kennzeichen der vollständigen Entfettung einer Metallfläche dient das Eintauchen in reines Wasser; sind noch Spuren von Fett vorhanden, so wird daselbst das

Fig. 80.



Abkalkmaschine.

Wasser ablaufen, sogenannte Fettinseln bilden. Nur eine vollkommen entfettete Metallfläche wird sich gleichmäßig mit Wasser befeuchten; natürlich darf zu dieser Probe nur reines Wasser verwendet werden.

Sehr wichtig ist es, die polierten Metallobjekte sofort nach dem Polieren der Entfettungsmanipulation zu unterwerfen, damit das Fett nicht durch längeres Liegen an der Luft vertrockne, verdicke, Staub und Schmutz aufnehme, die Metalle angreife, wodurch die nachherige Entfettungs- und Reinigungsarbeit wesentlich erschwert werden würde. Bei

allen Entfettungs- und Reinigungsmanipulationen ist mit besonderer Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit darauf zu achten, daß aller Schmutz, Fett und Oxyd speziell aus den Vertiefungen, Hohlräumen, Löchern, Fugen, Sprüngen usf. der Gegenstände vollständig entfernt werde, was mit Bürsten wohl am besten erreichbar ist, denn diese, gewissermaßen heimlichen, leicht zu übersehenden Schlupfwinkel der Unreinheiten sind vielfach die Ursache defekter Elektroplattierungen, solche übersehene Mängel verursachen schwarze von den unreinen Stellen ausgehende Streifen oder glänzende Stellen im Niederschlag, die leicht aufsteigen oder platzen. Diese Stellen bleiben gewöhnlich ungedeckt und erfordern eine nachträgliche, oft recht mühevolle Neubearbeitung.

Verfasser macht bei dieser Gelegenheit darauf aufmerksam, daß es nur in den seltensten Fällen möglich ist, eine fehlerhafte Elektroplattierung durch nochmaliges Überplattieren auszubessern, da der neue Niederschlag auf dem ersten meist nicht mehr haftet. Insbesondere bei glanzpolierten Metallgegenständen ist eine mißlungene Elektroplattierung recht ärgerlich, weil meist nichts anderes übrigbleibt, als den Niederschlag wieder abzuschleifen, den Gegenstand neu zu polieren, zu reinigen, überhaupt die ganze Prozedur von neuem zu beginnen.

Es ist bekannt, daß Metalle durch das Entfetten in der kochenden Lauge anlaufen, leicht oxydieren; auch wenn die bereits gereinigten Gegenstände längere Zeit im Wasser liegen oder gar an der Luft, so oxydieren sie an ihrer Oberfläche.

Dieser Oxydanflug muß vor dem Elektroplattieren unbedingt beseitigt werden. Es wurde bereits erwähnt, daß die Beseitigung dieses Oxydes mechanisch durch Scheuern oder Bürsten mit einem sanften Scheuermittel geschieht; hier sei jedoch noch hinzugefügt, daß dies auch durch chemische Einwirkung saurer oder cyankalischer Lösungen je nach der Natur des Metalloxydes erzielt werden kann.

Eisen und Stahlwaren wird man unmittelbar vor dem Elektroplattieren in mit Schwefelsäure schwach angesäuertes Wasser eintauchen, es genügen hierzu wenige Sekunden; Messing, Bronze, Neusilber, Kupfer u. dgl. zieht man behufs Beseitigung

eines solchen Oxydanlaufes rasch durch (am besten etwas erwärmte) Cyankaliumlösung (1:20).

Man kann auch bei allen Metallen diese Entfernung von Oxyd durch Bürsten mit Weinsteinlösung erreichen, wozu man gern feinst pulverisierten Rohweinstein verwendet, weil derselbe sanft scheuernd und gleichzeitig wie eine schwache Säure wirkt.

Blei, Zink, Zinn, Britannia u. a. Weichmetalle befreit man von einem solchen Oxydanflug am besten durch Scheuern oder Bürsten mit Schlämmkreide und Wasser.

Selbstverständlich wird man nach allen diesen chemischen oder mechanischen Manipulationen der Oxydanlaufentfernung nochmals und recht gründlich mit reinem Wasser abwaschen, sogar unter Zuhilfenahme einer Bürste und die solcherart gewiß vollkommen gereinigten Metallgegenstände sofort in das betreffende Elektroplattierbad einhängen.

Wenn die Gegenstände bei diesen Manipulationen oder beim Einhängen in die Bäder mit den Händen angefaßt werden müssen, was tunlichst vermieden bleiben sollte, so geschehe dies nur mit reinen, mit Wasser befeuchteten Händen, womöglich unter Wasser, denn die trockene Arbeiterhand könnte leicht Fett- oder Schweißflecken auf den mühevoll gereinigten Metallflächen zurücklassen.

Daß bei diesen eben beschriebenen Reinigungsmethoden unvermeidlich der Polierhochglanz der Metallwaren mehr oder weniger leidet, darüber mache man sich keine Sorgen; der Hochglanz kann nach vollendeter Elektroplattierung durch leichtes Überwischen mit einer weichen Polierscheibe, z. B. mit einer Wollscheibe und einem sanften Poliermittel, etwa Wienerkalk, leicht wieder hergestellt werden, und es muß dies im Interesse der sicheren Haltbarkeit des Niederschlages sogar befürwortet werden, denn es ist sicher, daß auf einer spiegelglatten, hochglänzenden Metallunterlage ein Niederschlag weniger gut haftet als auf einer matten.

Entfettung (Dekapierung) durch Elektrolyse. Die immerhin zeitraubende Bearbeitung der mit Fett behafteten metallischen Gegenstände vor dem Elektroplattieren hat schon in früherer Zeit zu Versuchen geführt, die Verseifung der Fette

bzw. das Entfernen der den Gegenständen anhaftenden Fettschichten auf elektrolytischem Wege auszuführen. Eines der ältesten Verfahren ist wohl das der Vereinigten Elektrizitäts-Gesellschaft Wien-Budapest, welche eine 20%ige Lösung von Kochsalz oder Glaubersalz dazu verwendete und durch Stromumschaltung den zu behandelnden Gegenstand abwechselnd kathodisch oder anodisch behandelt, d. h. abwechselnd den sich abscheidenden Kationen bezw. Anionen aussetzt. Dieser Elektrolyt kann aber zum gleichzeitigen Beizen und Entfetten (das Verfahren wurde speziell für Eisenblech erdacht) angewendet werden und ist ein wertvolles Hilfsmittel bei der Vorbereitung von Eisenblechen für die Herstellung von Weißblechen oder für die elektrolytische Veredelung von Blechen, z. B. in der Verzinkung. Handelt es sich um stets einheitlich dimensionierte Schwarzbleche, die solcherart behandelt werden sollen, so behängt man in einem Bade entsprechender Größe sowohl die Anoden- wie die Warenstangen mit den zu reinigenden Blechen, beschickt die Elektroden mit einer Stromdichte von mindestens 90 Amp. pro 1 qm und läßt bei einer Badspannung von 3½ Volt den Strom ungefähr je ¼ Stunde auf die Bleche anodisch und ¼ Stunde kathodisch einwirken.

Die beizende Wirkung der unter Strom stehenden Lösung ist durch die lösende Wirkung der an den Platten oder sonstigen Gegenständen sich reichlich abscheidenden Chloroder Schwefelsäureanionen leicht erklärlich.

Die an den Waren anhaftenden Fettschichten werden dagegen durch doppelte Wirkung des Stromes entfernt. Da es sich stets um Salze der Alkalimetalle handelt, die man zum Ansetzen der Elektrolyte für solche Zwecke verwendet, so kommt bei der Anwendung der nicht unbedeutenden Stromdichten an den Kathoden Alkalimetall in hoher Konzentration zur Abscheidung. Diese Kationen setzen sich aber, wie wir dies im theoretischen Teil gesehen haben, da sie als solche in Wasser nicht existenzfähig sind, sofort zu Ätzalkalien um, sie bilden Ätznatron bzw. Ätzkali, und zwar in um so größerer Konzentration (direkt an den Kathoden), je höher die an den Kathoden angewendete Stromdichte war.

Die einfachen Gesetze der Diffusion von Salzen in Lösungen bringen uns nun sofort auf den Gedanken, den Prozeß durch geeignete Zusammensetzung des Elektrolyten so zu leiten, daß tunlichst das sich bildende hochkonzentrierte Alkali in der unmittelbaren Nähe des Metallgegenstandes bleibt, und das erreicht man am leichtesten dadurch, daß man die Lösung möglichst konzentriert verwendet. Je konzentrierter die Lösung st, das heißt je »zäher« sie ist, desto schwieriger ist die Durchmischung der Lösung, und desto intensiver erfolgt die verseifende Wirkung des sich bildenden Ätzalkalis. Nun ist aber nicht jedes Fett ohne weiteres verseifbar, und da kommt glücklicherweise eine zweite Wirkung der Elektrolyse der Entfettung zuhilfe, d. i. die mit der Bildung von Ätzkali Hand in Hand gehende Wasserstoffentwicklung an der Kathode. Der Wasserstoff hebt nämlich, indem er sich direkt an der Metallfläche durch Anwendung hoher Stromdichten stürmisch entwickelt, die an der Metallfläche liegende Fettschicht ab und es entsteht eine Fettemulsion. Der Gegenstand kann nach kurzer Zeit schon entfettet aus der Lösung gehoben werden.

Solche elektrolytische Entfettungsbäder werden auf Grund dieser Darlegungen von den Langbein-Pfanhauser-Werken in bestgeeigneter Zusammensetzung in den Handel gebracht, und zwar nicht nur für Blech, sondern auch für andere metallische Gegenstände. Es haben sich diese Bäder rasch Eingang in viele galvanische Anstalten verschafft.

Da bei ruhigem Stehen die Fettemulsionen sich stets unter Abscheidung des Fettes zersetzen, so schwimmt gewöhnlich nach mehrstündigem ruhigen Stehen solcher Bäder das Fett oben auf der Lösung, und es müssen diese Fettschichten vor Inbetriebnahme dieser Bäder abgeschöpft werden, andernfalls würden die Gegenstände beim Herausheben wieder aufs neue mit Fett beschmiert und das Bad frühzeitig sich erschöpfen.

Kuprodekapierung. Für Eisen und Stahl, ferner für Metalle wie Blei, Zink, Zinn etc., die z. B. vor der Vernickelung vorteilhafterweise mit einem Kupferüberzug versehen werden, benutzt man das sogenannte »Kuprodekapier-Verfahren«. Dieses ist im großen und ganzen ein elektrolytisches Ent-

fettungsverfahren, nur wird neben der entfettenden Wirkung gleichzeitig eine guthaftende Verkupferung bewirkt. Die Lösung enthält zu diesem Zwecke auch Kupfersalze, sogenannten »Kupronit«, der natürlich dem Bade von Zeit zu Zeit wieder zugeführt werden muß, da sich der Kupfergehalt der Lösung durch den Betrieb naturnotwendig nach und nach vermindert. Von einem französischen Erfinder wurde kürzlich die Verwendung von Kupferanoden vorgeschlagen, doch ist dies vollkommen zwecklos, da sich die Kupferanoden bei Gegenwart der Alkalikarbonate und bei Vorhandensein größerer Mengen von Ätzalkalien kaum lösen. Man verwendet daher besser Eisen- oder Nickelanoden, die auch bei der gewöhnlichen elektrolytischen Entfettung verwendet werden.

Man darf nun aber nicht glauben, daß die elektrolytische Entfettungsmethode bzw. die Kuprodekapierung für alle Arten von Metallgegenständen angewendet werden kann, und sollten unsere Fachgenossen sich ruhig auf das Gutachten der erfahrenen Elektrochemiker verlassen, die diese Methode nur dort empfehlen werden, wo sie tatsächlich erfolgreich Anwendung finden kann. Es hat sich eine Anzahl Unberufener bemüht, diese Entfettungsmethode infolge der bestrickenden Vorzüge, die sie im geeigneten Falle bietet, ganz allgemein anzubieten, und durch diese Unerfahrenen wurde mancher Industrielle arg enttäuscht, indem er sich zur Anschaffung derartiger Bäder verleiten ließ, ohne daß überhaupt die theoretische Möglichkeit zur Anwendbarkeit auf den speziellen Artikel vorlag. Ganz abgesehen davon, daß derartige »Künstler« solche Lösungen sinnlos präparierten — empfehlen sie solche für alle Gegenstände, während es in der Natur der Sache liegt, daß man nur wenig profilierte Gegenstände auf elektrolytischem Wege entfetten kann. Man arbeitet praktischerweise mit einer Kathodenstromdichte von 4 bis 5 Amp. pro qdm Warenfläche, und es ist klar, daß bei solch hohen Stromdichten sich die ganze Stromwirkung bei profilierten Objekten auf die vorspringenden Partien der in den Bädern exponierten Waren konzentrieren wird. In Hohlräume, in Scharniere u. ä. Stellen kann die oben skizzierte Wirkung nicht oder nur schwach eintreten. Diese Partien

bleiben also schlecht entfettet, und es gibt Mißerfolge bei der darauffolgenden Galvanisierung. Es sei also hier nochmals darauf hingewiesen, sich bei Anschaffung solcher elektrolytischer Entfettungsbäder nur auf wirkliche Fachleute zu verlassen.

Dekapieren von Messing, Bronze, Neusilber, Kupfer und dessen Legierungen. Roh bearbeitete Metallgegenstände kann man viel rücksichtsloser und energischer dekapieren als die im vorigen Kapitel besprochenen glanzpolierten Objekte. Das »Entfetten« kann bei solehen rohen Metallartikeln durch Ausglühen bewerkstelligt werden, welche dies vertragen; die Gegenstände werden über Holzkohlenfeuer gehalten; bis sie eine ziemlich hohe Temperatur erreicht haben, bei welcher alle Spuren von Fett vollständig verbrennen (verkohlen). Das ist eigentlich die einfachste, rascheste und sicherste Entfettungsmethode, wonach die Gegenstände sofort der weiteren Dekapierungsprozedur übergeben werden können. Zarte, kleine Objekte oder solche mit Lötungen, welche das Ausglühen wohl kaum vertragen, wird man in kochender Lauge entfetten, wie dies Seite 241 ff. erklärt wurde.

Nach dem Entfetten wird zunächst gebeizt, und zwar in einer Mischung von

Wasser	**10 l**
Schwefelsäure	**1 kg**

Beim Zusammenmischen gießt man stets die Schwefelsäure zum Wasser, nie umgekehrt. Sind die Gegenstände mit Zunder (Glühspan) behaftet, wie es fast immer bei ausgeglühten Metallen der Fall ist, so läßt man sie so lange in der verdünnten Schwefelsäure, bis der schwarze Zunder eine braune Färbung zeigt. Dieser Zunder ist namentlich bei roh gegossenen Gegenständen oft sehr hartnäckig, widersteht selbst dem nachfolgenden Gelbbrennen. In diesem Fall muß der abgebeizte Gegenstand vor dem Gelbbrennen noch in 40gradige Salpetersäure getaucht werden; weicht der Zunder dann noch immer nicht, so muß man ihn mit einer scharfen Eisendrahtbürste oder mit Sand und Wasser bearbeiten und wiederholt abbeizen, erforderlichenfalls sogar abschmirgeln

oder abfeilen, um ihn zu entfernen, bevor man gelbbrennt, um nicht die teure Gelbbrenne unnötig abzunützen oder das Metall zu »verbrennen«. Wenn man nämlich zu oft gelbbrennt, so wird das Metall anstatt brillant glänzend ganz unansehnlich lehmig matt und das nennt man in der Praxis »verbrennen«! Auch der Formsand, welcher sehr häufig rohem Metallguß fest anhaftet, muß vor dem Abbeizen mit einer scharfen Kratzbürste beseitigt werden.

Ist kein Zunder vorhanden, so genügt es, die Gegenstände wenige Minuten in der Schwefelsäurebeize liegen zu lassen. In beiden Fällen wird nach dem Abbeizen in reinem Wasser tüchtig abgespült und nachher gelbgebrannt.

Das Gelbbrennen. Jene Säuremischung, worin Messing, Bronze, Neusilber, Kupfer, überhaupt kupferhaltige Legierungen blank gemacht werden, heißt die Gelbbrenne.

Die einfachste Gelbbrenne besteht aus einer Mischung von einem Teil Salpetersäure und zwei Teilen Schwefelsäure mit etwas Kochsalz und Schornsteinpech (Glanzruß). Die Metalle werden in diese Gelbbrenne einige Sekunden eingetaucht, darin geschüttelt, dann in mehreren reinen, überhaupt in viel Wasser abgespült und müssen dann ganz rein metallblank aussehen, speziell dann, wenn sie zum darauffolgenden Elektroplattieren geeignet sein sollen.

Besser ist eine doppelte Gelbbrenne, und kann Verfasser dieselbe aus Erfahrung empfehlen, weil die Objekte solcherart viel gründlicher von Oxvd und Anlauf befreit werden.

Diese doppelte Gelbbrenne besteht 1. aus der **Vorbrenne***):

Salpetersäure	2 l
Salzsäure	20 cbcm

und 2. aus der eigentlichen **Glanzbrenne:**

Salpetersäure	1 l
Schwefelsäure	1 l
Salzsäure	20 cbcm
Glanzruß	10 g

*) Für rohen Messingguß verwendet man einfach Salpetersäure, der man 2% Salzsäure zugesetzt hat. Für zarte Objekte wird die Vorbrenne mit 1/3 Vol. Teil Wasser verdünnt.

Auch die Glanzbrenne wird zum Brennen zarter Objekte dünner angewendet, u. zw. wird dem vorstehenden Rezept $^1/_2$ l Wasser zugesetzt und die Brenne recht kühl verwendet.

Beim Zusammenmischen der beiden Säuren gießt man immer zuerst die Salpetersäure in das Gelbbrenngefäß, dann die Schwefelsäure unter Umrühren langsam dazu, nie umgekehrt!

Die zum Gelbbrennen bestimmten Metallobjekte werden auf entsprechend starken Kupfer- oder Messingdraht aufgebunden, wenn dies nicht schon vorher zur Entfettung geschah, und zwar große Gegenstände einzeln, kleine in Bündeln. Ganz kleine Massenartikel, welche nicht auf Draht aufgebunden werden können, gibt man in sogenannte Gelbbrennkörbe aus Steinzeug (siehe Figur 81), welche mit zahlreichen Löchern versehen sind, diese so groß, als die Artikel dies zulassen, ohne durchzufallen; zu kleine Löcher bringen den Nachteil, daß die Gelbbrennsäure zu langsam abfließt, auf die Metallobjekte zu lange einwirkt und diese zu intensiv angreift. An Stelle der Steinzeugkörbe werden jetzt in vielen Betrieben die recht haltbaren und dabei ungemein leichten Aluminium-Beizkörbe verwendet. Man achte aber darauf, diese nicht etwa in die Entfettungslaugen zu tauchen, weil sie sich darin sehr leicht auflösen.

Fig. 81.

Kleine Gegenstände im Gelbbrennkorb.

Man hält die Objekte erst einige Sekunden in die Vorbrenne, schüttelt sie darin, zieht sie rasch heraus, schüttelt die anhaftende Gelbbrenne ab und bringt sie sofort ohne Zeitverlust in ein großes Gefäß mit reinem Wasser, worin man gründlich abspült; dann taucht man sie ein oder zwei Sekunden in die Glanzbrenne und spült sie nachher ebenso rasch und gründlich in viel reinem Wasser ab.

Das Abspülen im Wasser ist eine große Hauptsache; wenn man fließendes Wasser zur Hand hat, wird man am besten die gelbgebrannten Objekte darin so lange abwaschen, bis man vollständig sicher zu sein glaubt, daß keine Spur von Säure oder Gelbbrenne mehr daran haftet oder in den Poren,

Innenräumen usw. zurückgeblieben sei. Hat man kein fließendes Wasser, so spült man in 3, 4, 5 (je mehr, desto besser) großen Gefäßen mit reinem Wasser ab, um den gleichen Zweck zu erreichen, um ja keine Säure in das Elektroplattierbad zu bringen, wodurch dasselbe bald verderben würde.

Auf einen Umstand sei hier besonders aufmerksam gemacht, der wohl zu beachten ist. Das Dekapieren der aus Kupfer oder dessen Legierungen bestehenden Metallobjekte durch Gelbbrennen ist wohl eine ganz verläßliche, sichere Reinigungsmethode der fettfreien Metallfläche, wenn die beim Gelbbrennen sich entwickelnden Säuredämpfe so rasch entfernt werden, daß sie nicht auf die gelbgebrannte, reine Metallfläche abermals reagieren und diese wieder oxydieren. Jedenfalls muß man diesen Umstand in Betracht ziehen, und es ist daher für alle Fälle geraten, die fertig gelbgebrannten gewaschenen Objekte nochmals wie vorhin erwähnt mit Rohweinstein und Wasser abzubürsten um jede Spur von Oxyd sicher zu beseitigen. Selbstredend muß nachher auch wieder jede Spur des Weinsteins durch Abbürsten mit reinem Wasser vollständig entfernt werden, und nun kann man die Gegenstände in die Bäder einhängen; dies geschehe aber sofort, solange sie noch naß sind, ohne sie lange im Wasser liegen zu lassen.

Sind Messing- oder Kupferobjekte mit Zinn gelötet, oder befinden sich Teile aus Eisen oder anderen Metallen daran, welche durch das Gelbbrennen schwarz geworden sind, so muß man diese Teile mit der Kratzbürste bearbeiten, um sie gleichfalls rein und blank zu machen.

Man darf das Gelbbrennen nicht übertreiben. Ist ein Objekt nach dem Gelbbrennen nicht rein und blank geworden, so ist die Gelbbrenne weniger schuld daran als wahrscheinlich die vorhergegangene Entfettung, oder es haftet ein Lacküberzug an, den die Gelbbrenne nicht zu entfernen vermag. Verfasser macht nochmals darauf aufmerksam, daß Fett oder Fingergriffe von schweißiger oder fetter Hand, Lack u. ä. durch die Gelbbrenne nicht entfernt werden, wie vielfach irrtümlich geglaubt wird, sondern dies ist nur durch eine wirkliche Entfettungsmethode möglich.

Sind Metallgegenstände mit Lack oder mit einer Ölfarbe überzogen, so entfernt man diese durch Abbürsten mit hochgradigem Alkohol oder Terpentingeist, je nach der Art des Lack- oder Farbüberzuges. Auch durch Eintauchen in unverdünnte Schwefelsäure werden Lacke und Ölfarben zerstört (verkohlt), der Rückstand muß nachträglich mit sehr scharfen Bürsten (etwa Metalldrahtbürsten) oder durch Abreiben mit scharfem Sand und Wasser entfernt werden, um das Metall blank und rein zu machen; — rein muß es sein — absolut rein, bevor man es weiter behandelt. Würde man ohne diese Vorbereitung fort gelbbrennen, so würde dadurch die Metallstärke nur unnütz geschwächt, ohne den Zweck zu erreichen, ja es könnte sogar der Fall eintreten, daß das Metall verbrannt wird, das heißt anstatt blank und glänzend zu werden, seinen Metallglanz ganz verliert und unansehnlich matt, lehmig erscheint. In diesem Fall bliebe nichts anderes übrig, als das Metallobjekt abzufeilen oder abzuschmirgeln, wenn die Stärke desselben dies zuläßt, um es wieder blank zu erhalten.

Beim Zusammenmischen der Glanzbrenne findet eine bedeutende Erwärmung statt, und zwar dadurch, daß die Schwefelsäure den Wassergehalt der Salpetersäure gierig aufnimmt, die Salpetersäure vollständig entwässert und diese für den Prozeß des Gelbbrennens geeigneter macht. Durch die Reaktion der Salpetersäure auf das Metall wird die oxydierte Oberfläche desselben entfernt, das blanke reine Metall bloßgelegt.

Kochsalz, das ist Chlornatrium, fügt man der Glanzbrenne nur deshalb bei, um Chlor zu erzeugen, welches mit der Salpetersäure Königswasser bildet, die Reaktion auf das Metall fördert. Anstatt Kochsalz kann man auch Salzsäure verwenden.

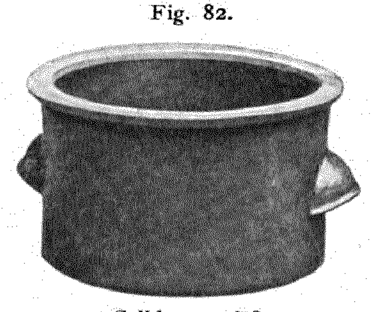
Der Glanzruß hat nur den Zweck, die Salpetersäure zu reduzieren und salpetrige Säure zu bilden, welche die Entfernung der Metalloxyde begünstigt.

Man wird guttun, das Zusammenmischen der Salpetersäure mit der Schwefelsäure nicht auf einmal durchzuführen, sondern nach und nach; wenn die Mischung anfängt warm zu werden, läßt man sie erst wieder etwas erkalten, denn die Salpetersäure ist im warmen Zustand flüchtig, das gäbe also nur Verlust. Nach vollendeter Mischung der Brenne muß sie vor der ersten Anwendung unbedingt vollständig auskühlen, denn eine warme Brenne reagiert zu schnell auf das Metall, brennt nicht gut, nützt sich auch zu rasch ab; auch durch

das Gelbbrennen selbst wird die Säuremischung rasch erwärmt. Gibt es viel zu tun, so muß das Quantum der Gelbbrenne ziemlich groß sein, um die allzu rasche Erwärmung und Abnützung möglichst zu verhindern. Bei sehr regem Betrieb ist es sogar notwendig, eine zweite Gelbbrenne in Reserve zu halten, um immer einen Teil auskühlen lassen zu können.

Ist dagegen die Gelbbrenne zu kalt, wie das im Winter vorkommt, dann greift sie gar zu langsam, man erzielt nicht den gewünschten brillanten Metallglanz. Im Winter macht jeder Gelbbrenner diese Erfahrung; da wird gar oft ganz ungerechterweise dem Säurelieferanten die Schuld zugeschoben, daß er zu schwache Säure geliefert habe, während in der Tat nur die Kälte die Ursache des Mißerfolges ist.

Fig. 82.



Gelbbrenngefäß.

Beim Gelbbrennen entwickeln sich gesundheitsschädliche rote Dämpfe (Stickstoffperoxyd), vor deren Einatmung man sich wohl hüten muß; man wird daher guttun, dieses Geschäft unter einem gut ziehenden Kamin oder im Freien zn besorgen. Als Gefäße zum Gelbbrennen sind Steinzeuggefäße am zweckmäßigsten, welche von den Säuren nicht angegriffen werden. Diese Gefäße haben meist runde, zylindrische Form (Fig. 82) und werden mit einem Holzdeckel bedeckt, damit die Säure gegen hineinfallenden Schmutz geschützt wird. Deckel aus Steinzeug wären wohl am zweckmäßigsten, sind aber zu zerbrechlich.

Das Gelbbrennlokal. Ein zweckmäßig eingerichtetes Gelbbrennlokal soll folgenderart beschaffen sein:

1. Ein nicht zu kleines, nicht zu niedriges, luftiges Lokal, anstoßend an den Bäderraum, abgeschlossen von diesem und allen übrigen Arbeitsräumen, damit die Arbeiter von den Säuredämpfen nicht belästigt werden, Werkzeuge und Maschinen nicht rosten. Dieses Lokal darf im Winter nicht zu kalt, im Sommer nicht zu heiß sein.

2. Wasserleitung im Lokal, um die mit Wasser stets gefüllten, mit Zu- und Ablauf versehenen Waschgefäße, worin die zu dekapierenden Metallobjekte abgespült werden, kontinuierlich mit Wasser zu versehen.

3. Wasserdicht gepflastert, am besten asphaltierter Fußboden mit Wasserablauf in den Kanal.

4. Ein gemauerter sogenannter Gelbbrennherd, auf welchen die Gefäße mit den verschiedenen Gelbbrennen, Beizen, Abziehsäuren, Mattbrenne, die kochenden Entfettungslaugen, heißes Wasser usw. usw. gestellt werden.

Über diese ganze Vorrichtung ein gemeinsames in den Kamin einmündendes Dunstauffangdach, so daß alle durch das Gelbbrennen entstandenen Säuredämpfe direkt durch den Kamin abziehen können.

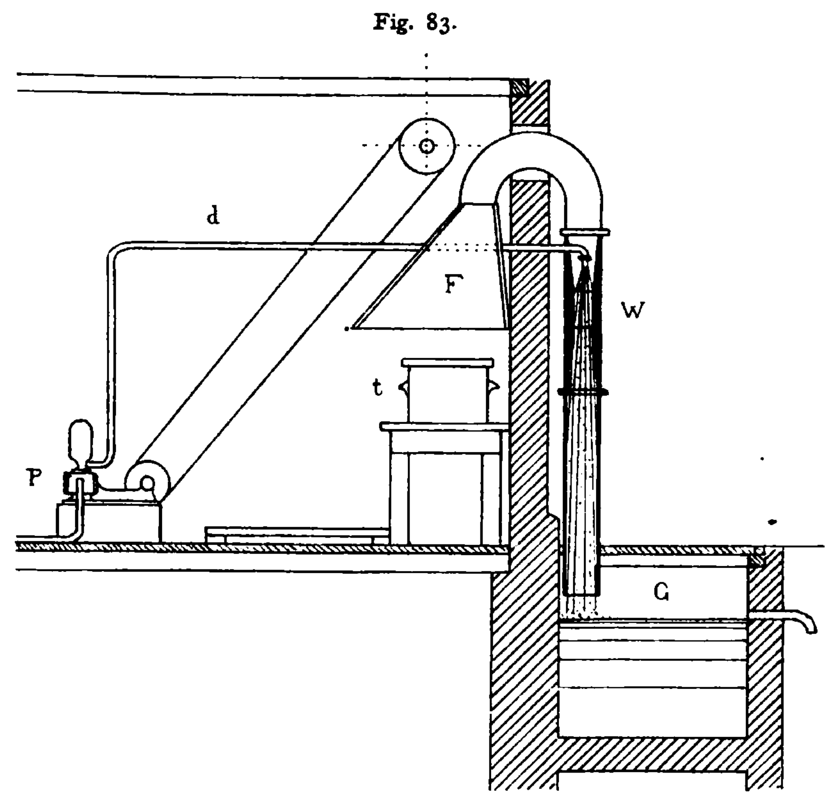
5. Hauptsache ist ein sehr gut ziehender hoher Kamin mit großem Querschnitt, welcher die beim Gelbbrennen entwickelten schädlichen Säuredämpfe ansaugt und rasch ins Freie befördert. Um dies zu begünstigen, leitet man in den Kamin das Rauchrohr eines größeren Feuerherdes, dessen ausströmende Hitze die Luftsäule des Kamins stets warm und emporsteigend erhält, die absaugende Wirkung desselben ungemein erhöht.

Eine sehr praktische Anlage, die beim Gelbbrennen sich entwickelnden Säuredämpfe durch Absorption unschädlich zu machen, wird von der Firma Gebrüder Körting in Hannover und Wien gebaut.

Diese besteht, wie aus der Zeichnung Figur 83 zu ersehen ist, aus einer Riemenpumpe P, welche das zum Betrieb des Strahlventilators benötigte Wasser durch das Druckrohr d diesem Apparat mit dem entsprechenden Druck zuführt. Der Strahlventilator W saugt die sich aus dem Säurebehälter t entwickelnden Säuredämpfe durch das Auffangdach F an, sie werden vom Wasser absorbiert, also unschädlich gemacht, und das verbrauchte Wasser fließt in die Sammelgrube G ab, von wo es durch ein Überfallrohr abläuft. Anstatt des Wasserstrahles kann auch ein Dampfstrahlenventilator mit Erfolg verwendet werden, wenn genügend Dampf zur Verfügung steht.

Sehr zweckmäßig ist es, die Gelbbrenngefäße in einen gemeinsamen, innen mit Blei ausgefütterten, mit Wasser gefüllten Behälter zu stellen, in welchem je nach Erfordernis das Wasser durch einströmenden Dampf erwärmt oder durch zulaufendes kaltes Wasser abgekühlt werden kann, um auf diese Weise die normale, zum Gelbbrennen bestgeeignete Temperatur der

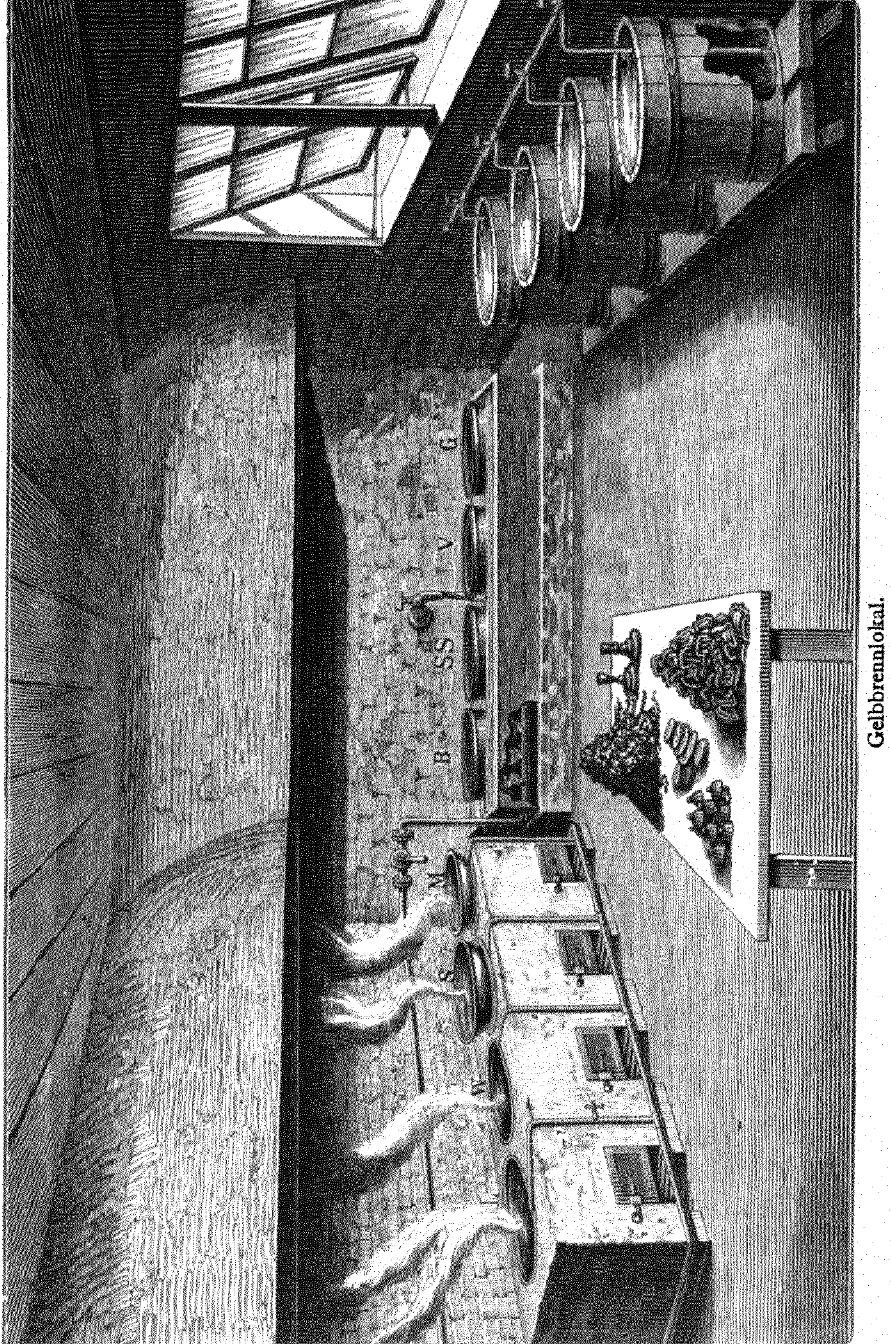
Fig. 83.



Absorption der beim Gelbbrennen sich entwickelnden Säuredämpfe durch Wasserstrahlventilation.

Säuremischungen regulieren zu können. Neben dem Gelbbrennherd stehen die verschiedenen Waschgefäße zum Abspülen der aus der Gelbbrenne oder Beize gezogenen Gegenstände. In jedes dieser Waschgefäße, die möglichst groß sein sollen, fließt kontinuierlich durch ein bis auf den Grund desselben reichendes Bleirohr frisches reines Wasser zu, aus einem an der Oberfläche angebrachten Bleirohr wieder in

Fig. 84.



Gelbbrennlokal.

den Kanal ab, so daß das Wasser stets möglichst rasch erneuert werden und nicht zu viel Säure sich ansammeln kann. Das Abspülwasser im ersten Gefäß wird natürlich am meisten Säure enthalten, das letzte am wenigsten. Der Arbeiter wird die aus der Gelbbrenne gezogenen Gegenstände nacheinander in den verschiedenen Gefäßen abspülen, um alle Säure von denselben zu entfernen.

Figur 84 veranschaulicht ein nach Vorschlägen von Pfanhauser sen. eingerichtetes Gelbbrennlokal:

L ist die Entfettungslauge, im Kessel kochend.

W kochendes Wasser zum Abspülen.

S eine Steinzeugschale mit Abziehsäure (zum Abziehen alter Versilberung) auf einem Wasserkessel mit Dampf zu erwärmen.

M eine Steinzeugschale mit Mattbrenne auf einem Wasserkessel mit Dampf zu erwärmen.

B ein Steinzeuggefäß mit der Schwefelsäurebeize.

SS ein Steinzeuggefäß mit der Salpetersäure zum Ablösen des gebeizten Zunders vom rohen Messingguß.

V ein Steinzeuggefäß mit der Vorbrenne.

G ein Steinzeuggefäß mit der Glanzbrenne.

An der Wand rechts befinden sich die zum Abspülen dienenden Waschgefäße mit Wasser.

Eine recht praktische Vorrichtung zum Beizen, Gelbbrennen und Abspülen ist noch folgende: In einem mit einer Längs wand abgeteilten Behälter (siehe Figur 85) aus Zement (oder aus Holz, mit verlöteten Bleiplatten ausgelegt) stehen in der hinteren Abteilung von rechts nach links die Gefäße mit der Schwefelsäurebeize, mit der Salpetersäure zum Ablösen des gebeizten Zunders vom rohen Messingguß, mit der Vorbrenne und mit der Glanzbrenne.

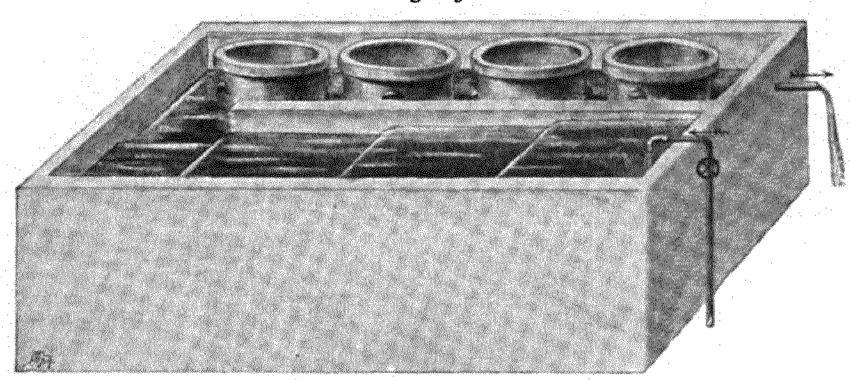
Im vorderen Behälter befinden sich die vier durch Scheidewände getrennten Waschräume. Wie aus der Abbildung ersichtlich, fließt Wasser rechts ein, der Überfall von einem Waschraum in den anderen, um links auszutreten, den hinteren Behälter füllend, so daß die vier Säuregefäße stets im Wasser stehen und deren Inhalt auch bei regem Betrieb sich nicht schädigend erwärmen kann. Selbstredend befindet sich diese

ganze Vorrichtung unter einem gemeinsamen Dunstauffangdach in einen gut ziehenden oder mit Wasserstrahlventilation versehenen Kamin mündend zur raschen Ableitung der Säuredämpfe in das Freie.

Diese Vorrichtung hat die Vorteile, daß der Arbeiter beim Beizen und Gelbbrennen sowohl die Säure als auch die Waschgefäße beisammen und in der Reihenfolge nebeneinander hat, rascher und bequemer manipulieren kann und gar keine Säuredämpfe ins Lokal dringen.

Die fehlerhaften Erscheinungen beim Brennen. Die Beizen verändern sich im Gebrauch stets, einesteils durch den

Fig. 85.



Gelbbrennvorrichtung.

Verbrauch der Säuren, anderseits dadurch, daß stets Spülwasser in die Säuremischungen gelangt, und muß man dann geeignete Korrekturen anbringen, um normale Beizresultate zu erhalten.

Nachstehend seien die wichtigsten der vorkommenden fehlerhaften Erscheinungen und deren Abhilfe angegeben:

Das Metall wird sehr wenig und sehr langsam angegriffen: Die Beize enthält zu viel Wasser, d. h. man hat zu schwache Säure; man gießt Säure im angewendeten ursprünglichen Verhältnis zu.

Lichte Färbung des gebrannten Metalles, aber lehmig und matt. Eine geringe Säurenschichte (die nach dem Herausziehen aus der Brenne am Objekt haften bleibt)

greift bisweilen das Metall erst in einigen Sekunden an, nachdem es der freien Luft ausgesetzt ist, man muß rascher manipulieren, oder die Beize enthält zu viel Schwefelsäure; es ist Salpetersäure, event. ein wenig Salzsäure zuzusetzen.

Immer dunkler oder brauner, ziemlich gleichmäßiger Anlauf: Die Beize enthält zu viel Salpetersäure, man muß Schwefelsäure zusetzen und abkühlen lassen.

Meistens glänzend, jedoch gleichmäßig brauner Anlauf, langsame Reaktion: Zu viel Salzsäure; wenn zu viel Salzsäure in der Beize ist, wird das Metall gar nicht angegriffen. Die Beize ist dann schwer korrigierbar, weil zu große Mengen Zusatz nötig wären, man kann sie als Vorbrenne noch gut verwenden, event. fortgießen und ganz erneuern.

Heftiges hörbares Brausen, die Beize erwärmt sich rasch: Die verwendeten Säuren sind zu stark, kommt bei sehr zarten Objekten auch in einer normalen Brenne vor. Man muß Wasser sukzessive zugeben und abkühlen lassen.

Brauner Anlauf der gebeizten Gegenstände: Vorausgesetzt, daß nicht zu viel Salzsäure vorhanden ist, ist es ein Zeichen, daß zu wenig Schwefelsäure in der Beize enthalten ist.

Farbe hell, aber lehmig, bisweilen matte Flecken und Streifen: Die Beize enthält zu wenig Salpetersäure.

Alles normal, jedoch wenig Glanz und Feuer: Meist ist dies ein Zeichen von zu wenig Salzsäure. Man gießt solche vorsichtig in kleinen Portionen zu.

Dekapieren von Eisen- (Guß- und Schmiedeeisen) und Stahlwaren. Bei Messing, Bronze, Kupfer usw. ist das Dekapieren leicht auf chemischem Wege durch das Gelbbrennen zu erzielen. Bei Eisen, sei es Guß-, Schmiedeeisen oder Stahl, ist dies nicht so einfach. Man ist da mehr auf das mechanische Abscheuern angewiesen und hat bei diesen Metallobjekten besondere Ausdauer und Gewissenhaftigkeit aufzubieten, um sie zum Elektroplattieren richtig vorzubereiten, um sie geeignet metallblank und rein zu machen.

Hat man fein vorbearbeitete, gefeilte, geschmirgelte oder glanzpolierte Eisen- und Stahlwaren zu elektroplattieren, deren

Oberfläche schon durch diese Vorbearbeitung metallblank, nahezu rein, nur noch mit Fett und Anlauf behaftet ist, so wird man solche zunächst entfetten, wie dies Seite 241 ff. beschrieben wurde, und wird es genügen, dieselben unmittelbar vor dem Einhängen in das Bad mit einem sanften Scheuermittel (Wienerkalk, Kreide) abzubürsten; wenn die Objekte schon längere Zeit an der Luft oder im Wasser gelegen und infolgedessen an ihrer Oberfläche mehr oder weniger oxydiert sind, beizt man sie nach der Entfettung in verdünnter, am besten in etwas erwärmter Schwefelsäure, etwa

Wasser . . . . 20 l
Schwefelsäure . . . . 1 kg,

indem man sie einige Sekunden hineinhält, dann in reinem Wasser abspült, mit Kalk oder Kreide abbürstet und abermals gut und rein abspült. Nun kann man beruhigt sein, daß die Dekapierung vollkommen sei und die sofort zu erfolgende Elektroplattierung anstandslos gelingen wird.

Handelt es sich um die Dekapierung roher, mit Zunder, Guß- oder Walzhaut behafteter Eisenwaren, so müssen solche vor allem entfettet, etweder durch Ausglühen, wenn sie dies vertragen (oder in kochender Ätznatronlauge), und dann in verdünnter Säure gebeizt werden. Man bringt solche Objekte in verdünnte Schwefelsäure, beläßt sie darin entsprechend lange, je nachdem sie mehr oder weniger verzundert oder verrostet sind, bis der Rost oder der schwarze Zunder beseitigt ist. Für Schmiedeeisen und Stahl kann man diese Beize stärker machen, etwa:

Wasser . . . . 10 l
Schwefelsäure . . . . 1 kg.

Für Gußeisen macht man sie schwächer, etwa:

Wasser . . . . 30 l
Schwefelsäure . . . . 1 kg.

Gußeiserne Objekte darf man nicht so lange in der Beize belassen, weil der poröse Guß rascher und mehr von der Beize angegriffen wird als die dichteren Schmiedeeisen- und Stahlwaren.

Vollständig blank werden die Eisengegenstände durch das Beizen allein nie, sondern es muß abwechselnd durch Scheuern mit einer scharfen Stahldrahtkratzbürste oder einer anderen scharfen Bürste oder mit einem groben Lappen unter Zuhilfenahme von Quarzsand oder Bimssteinpulver oder Schmirgel mit Wasser nachgeholfen werden, letzteres insbesondere bei dem porösen Eisenguß; bei diesem ist man mehr auf das mechanische Reinigen des Scheuerns angewiesen als beim Schmiedeeisen und Stahl, die gegen öfter wiederholtes Beizen weniger empfindlich sind. Dieses abwechselnde Scheuern und Beizen wird so oft wiederholt, bis das Eisen ganz rein und blank aussieht, zum nachfolgenden Elektroplattieren geeignet erscheint.

Das Beizen in verdünnter Säure kann leicht seine nachteiligen Folgen haben dadurch, daß trotz sorgfältigen Waschens in Wasser denn doch noch Spuren von Säure in den Hohlräumen und Vertiefungen der Eisen- und Stahlobjekte oder in den Poren des porösen Gusses zurückbleiben und schon beim nachherigen Elektroplattieren gefährlich werden oder noch böser, nachträglich bei der schon fertigen Ware schädigend hervortreten können. Um dies möglichst zu verhindern, ist es empfehlenswert, solche fertig und rein gebeizte Eisenobjekte nach gründlichem Abspülen in reinem Wasser noch einige Zeit in kochend heißes reines Wasser zu halten, dann noch allseitig tüchtig abzubürsten, schließlich nochmals rein zu waschen und sofort in das Bad zu bringen.

Die verdünnte Schwefelsäure hat bei Eisen denselben Zweck wie die Gelbbrenne bei Messing- und Kupferobjekten. Es muß das Oxyd an der Oberfläche aufgelöst und beseitigt werden, und dadurch wird das Metall rein und blank. Gußeisen ist aber stets mehr oder weniger kohlehaltig. Das Eisen allein wird demnach von der verdünnten Säure aufgelöst, es würde an der Oberfläche solch gußeiserner Objekte nur die rauhe, poröse Kohle zurückbleiben, und es würde dann schwer gelingen, diese kohlige Oberfläche mit einem schönen Metallüberzug zu versehen.

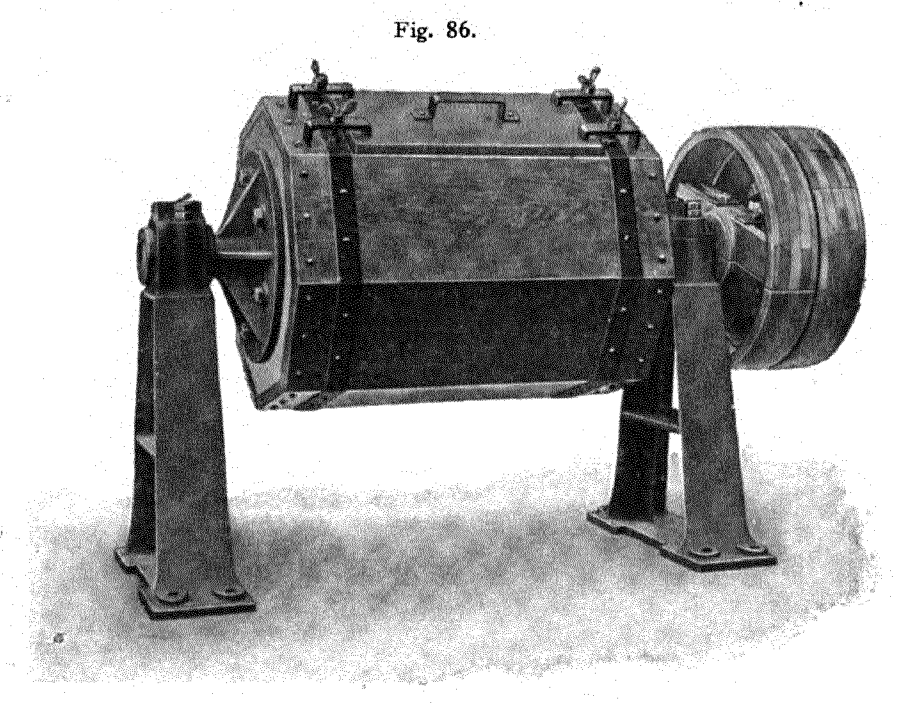
Vielfach wird anstatt Schwefelsäure auch Salzsäure verwendet; es muß davon abgeraten werden, weil die stets entweichenden Salzsäuredämpfe den Arbeitsraum mit solchen erfüllen, sowohl für die Arbeiter lästig sind, als auch alle Metallgegenstände angreifen, wodurch nicht allein die Maschinen und Werkzeuge, sondern auch die bereits dekapierten Waren leiden.

Sehr zweckmäßig ist es, bei der mechanischen Reinigung Zirkularkratzbürsten aus Strahldraht, Drahtstärken 0,25 bis

0,4 mm zu Hilfe zu nehmen, die entweder mit Fußbetrieb oder mit Motorkraft in Rotation versetzt werden. Diese Zirkularbürsten dekapieren viel gründlicher und rascher, als dies durch Scheuern mit der Hand erreicht werden kann.

Selbstverständlich muß über der Zirkularbürste ein Wasserbehälter angebracht sein, aus welchem auf die Kratzbürste Wasser träufelt.

Fig. 86.

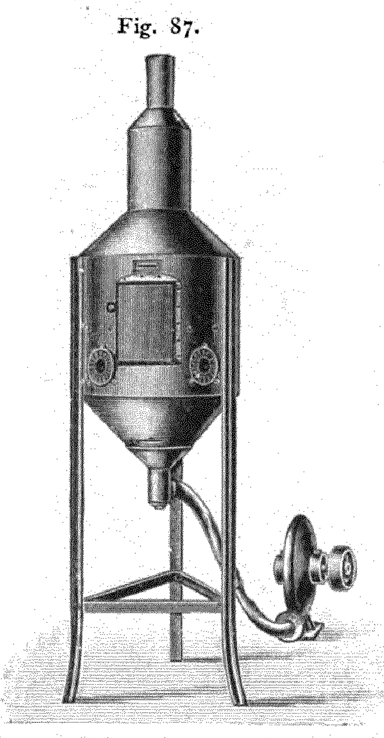


Scheuertrommel.

Wenn sich die eisernen Objekte dazu eignen, mit der Feile oder Schmirgelscheibe rein bearbeitet werden zu können, um sie auf diese Weise von Rost und Oxyd zu befreien und metallblank zu machen, wäre dies der umständlichen und mühevollen Manipulation des Beizens und Scheuerns vorzuziehen. Namentlich für Gußeisen ist diese Methode schon aus dem Grund zu bevorzugen, weil der Roheisenguß an und für sich porös, löcherig beschaffen ist, diese rohe Oberfläche durch Abschmirgeln oder Feilen für das nachherige Elektroplattieren vorteilhafter vorbereitet wird.

Kleine eiserne oder stählerne Massenartikel, welche man nicht Stück für Stück abscheuern kann, wird man praktischerweise im Steinzeugsieb in Lauge entfetten, dann abbeizen und in einem Faß mit Wasser und Sand (grobem Bimsstein- oder Quarzsand oder Schmirgel) durch Kollern blankscheuern. Sehr gute Dienste leistet die in Figur 86 dargestellte Scheuertrommel. Je nach der Größe der zu scheuernden Gegenstände werden die Wandungen der Trommel entweder aus Holz oder Eisenblech hergestellt. Die Scheuertrommeln haben entweder eine zylindrisch runde oder sechs- oder achteckige Form; letztere verdient wohl den Vorzug, weil sie ein energischeres Herumkollern der Gegenstände bewirkt.

Fig. 87.



Sandstrahlgebläse Type SB mit von unten blasender Düse.

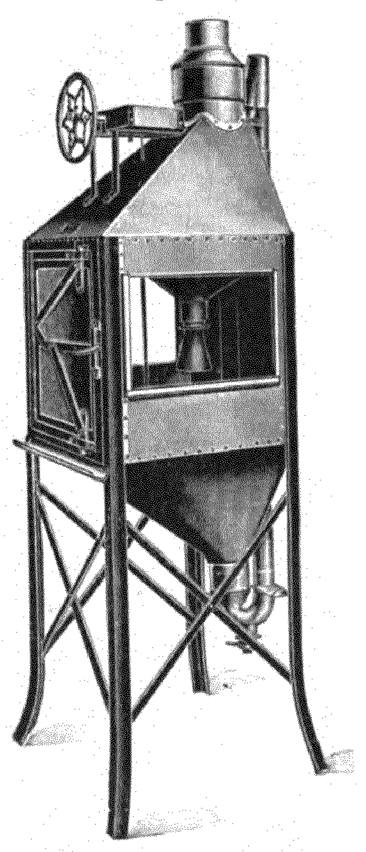
Praktisch wird mitunter in kleineren Betrieben auch ein dünner langer Sack aus grobem Hanf verwendet, den man an einem Ende aufhängt und durch geschicktes Auf- und Abschleudern der darin befindlichen Gegenstände nebst Scheuermittel das Blankscheuern bewerkstelligt. Das Scheuern ist in vielen Betrieben eine außerordentlich wichtige Manipulation, und es gibt ganz große spezielle Anlagen hierfür. Manche Artikel müssen tagelang gescheuert werden, ehe sie dem nächsten Prozeß zugeführt werden können.

Sandstrahl-Dekapierung. Die zweckmäßigste und rationellste Art der Dekapierung roher Metallwaren und speziell von Gußeisen oder Temperguß ist ganz entschieden die mittels Sandstrahlgebläsemaschinen, siehe Figur 87 bis 89*).

*) Vergl. Preisliste der Langbein-Pfanhauser-Werke.

Diese Maschinen sind ungemein leistungsfähig, es können damit alle Metalle sehr rasch und in großen Mengen von den anhaftenden Unreinheiten, hauptsächlich von der Gußhaut gründlich befreit werden; in größeren Betrieben sind daher solche Maschinen geradezu unentbehrlich.

Fig. 88.



Sandstrahlgebläse Type B.

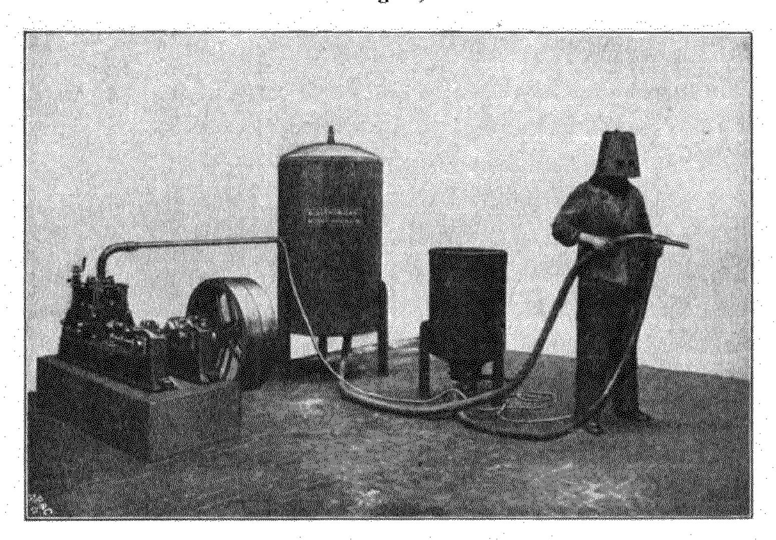
Die Einrichtung ist folgende: In einem oben oder unten in der Maschine angebrachten Behälter befindet sich Quarzsand, Glassand oder Schmirgelpulver gröberen oder feineren Kornes je nach dem zu bearbeitenden härteren oder weicheren Metall oder je nach dem gewünschten Korn, das die Metallfläche zeigen soll. Dieser Sand rieselt durch ein Rohr und wird beim Austreten aus demselben von einem durch ein genügend starkes Gebläse erzeugten heftigen Luftstrahl auf die nebeneinander aufgelegten oder von Hand in den Sandstrahl gehaltenen Waren geschleudert. Anstatt des Luftstrahles kann man dieses Schleudern des Sandes bei größeren zu dekapierenden Objekten auch mittels eines Dampfstrahles in noch intensiverer Weise bewerkstelligen (Dampfsandstrahlgebläse).

Für kleinere Artikel hat man diese Sandstrahlgebläsemaschinen mit von unten blasender Düse ausgeführt, siehe Figur 89. Für solche kleinere Leistungen, besonders wenn es sich nur um die Behandlung von weicheren Metallen unter Ausschluß von Stahl handelt, genügt ein guter Ventilator zur Erzeugung der Druckluft.

Größere Stücke, die nicht in eines der vorerwähnten Gebläse mit geschlossenem Sandkasten eingebracht werden können, werden, sofern eine Bearbeitung mit dem Sandstrahl

wünschenswert erscheint, mit sogenannten „Freistrahlgebläsen“ behandelt. Figur 89 zeigt eine solche Einrichtung. Das zu bearbeitende Werkstück liegt am Boden (am besten werden solche Einrichtungen wegen der bedeutenden Staubentwicklung im Freien aufgestellt!), und der Sandstrahl wird aus einer Düse, die der Arbeiter in der Hand hält, auf das Werkstück geleitet. Zur Betätigung dieser Einrichtung ist ein spezieller Luftkompressor mit Windkessel erforderlich, damit

Fig. 89.



Freistrahlgebläse.

der Sand mit der zur Bearbeitung solch größerer Stücke nötigen Geschwindigkeit aus der Düse austritt. Bei der enormen Staubentwicklung, die hierbei unvermeidlich ist, muß man entweder für eine gute Staubabsaugung durch Ventilatoren sorgen oder noch besser, die ganze Einrichtung am besten im Freien plazieren. In solchem Falle wird man den Kompressor gedeckt montieren und nur die Rohrleitung vom Kompressor an und die übrigen, gegen Temperatureinflüsse weniger empfindlichen Teile ins Freie verlegen. Es ist eine solche Montierung aber auch schon aus dem Grunde praktisch, weil man größere Objekte, wie z. B. Gußstücke u. dgl. nicht erst in die

Stockwerke eines Fabriksgebäudes wird transportieren wollen, und z. B. die Reinigung der verstaubten Arbeitsräume ebenfalls in Fortfall kommen kann. Die Verwendung von Druckluftkompressoren ist selbstredend auch bei dem vorherbeschriebenen Gebläse Type SB und B dann erwünscht, wenn man die Leistungsfähigkeit der Maschine steigern will und einen energischeren Angriff des Metalles durch den Sandstrahl wünscht.

Hat man die Eisen- oder Stahlobjekte nach einer der beschriebenen Methoden blank und vollkommen rein gemacht, so darf man sie nicht mehr lange im Wasser oder noch weniger an der Luft liegen lassen, um sie nicht der Gefahr eines abermaligen Oxydierens auszusetzen, sondern bringt sie unverzüglich in das Elektroplattierbad.

Dekapieren der Zinkwaren. Das Entfetten der Zinkobjekte geschieht in größeren Betrieben in kochender Natronlauge, und zwar in derselben Weise, wie dies wiederholt erklärt wurde. Es wurde auch bereits angedeutet, daß diese Lauge, wie überhaupt alle alkalischen Lösungen auf Zink stark reagieren.

Jedenfalls ist bei der Entfettung in der kochenden Lauge darauf Rücksicht zu nehmen, daß die Zinkobjekte nicht gar zu lange deren Einwirkung unterworfen bleiben, sonst könnte es vorkommen, daß deren Oberfläche allzusehr zerfressen wird. Immerhin wird man beim Dekapieren von Zinkwaren sich mehr auf die mechanische Reinigung verlassen, und zwar entweder durch Scheuern mit Sand oder Bimssteinpulver und Wasser oder rationeller mittels Zirkularkratzbürsten aus nicht zu starkem Stahldraht (etwa 0,1 mm).

Ein Abbeizen des entfetteten Zinkes in sehr verdünnter Schwefelsäure (etwa 1 : 30) kann bei gewissen massiven Objekten (bei rohem Zinkguß) ganz zweckdienlich sein, aber keinesfalls darf man das übertreiben, denn wenn auch noch so verdünnt, wirkt jede Säure doch sehr vehement auflösend auf Zink ein.

Sind Zinkgegenstände mit Zinnlötstellen versehen, so würde ein Beizen in verdünnter Säure letztere schwärzen; man ist in diesem Falle auf die mechanische Reinigung angewiesen.

Dekapieren von Blei-, Zinn- und Britanniawaren. Die Behandlung dieser Metalle ist so ziemlich die gleiche wie die des Zinkes mit Ausnahme des Beizens in der verdünnten Schwefelsäure, welche auf diese Metalle gar keine Reaktion ausübt. In der Hauptsache müssen wir uns behufs Dekapierung dieser Metalle auf die mechanische Reinigung beschränken. Man verwendet bei diesen weichen Metallen vorzugsweise Pottasche als Entfettungsmittel, wohl auch Benzin; vor dem Eintauchen der Gegenstände in die betreffenden Bäder ist eine kurze Behandlung mit erwärmter verdünnter Salpetersäure, Salzsäure oder auch (seltener) Essigsäure praktisch, je nach der Natur des Metalles.

Kratzen.

Das Abbürsten der Metalle mit Metalldrahtbürsten nennt man »Kratzen«.

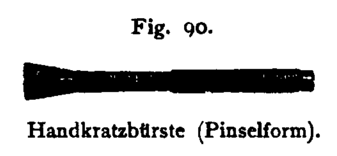
Das Kratzen hat doppelten Zweck. Entweder dient es zur Ausbesserung einer mangelhaften Reinigung der Metalloberfläche oder als kategorisches Reinigungsmittel, z. B. bei Eisen, Zink, Blei, Britannia usw. Es dient auch dazu, um einen mattgewordenen elektrolytischen Niederschlag wieder glänzend zu machen, und das ist speziell bei solchen Elektroplattierungen nötig, die matt ausfallen und denen man vor dem Polieren einen gewissen Glanz dadurch verleihen will. Es ist das Kratzen so wichtig, daß wir näher darauf eingehen und uns damit wohlvertraut machen müssen. Das Kratzen ist für den gewissenhaften Elektroplattierer u. a. eine überzeugende Probe, daß der Niederschlag wirklich solid sei, dauernd und fest hafte; denn ist dies nicht der Fall, sei es infolge mangelhafter Reinigung der Metalloberfläche oder eines fehlerhaft bereiteten Bades, sei ein allzu schwacher Niederschlag, ein allzu starker Strom oder sonst ein Fehler oder Nachlässigkeit des Elektroplattierers die Ursache, so wird durch das Kratzen der Niederschlag sich wieder ablösen oder abblättern und das Grundmetall zum Vorschein kommen. Man wird sich also dann die immerhin kostpielige Polierarbeit, z. B. bei der Versilberung ersparen und die Galvanisierung von neuem ausführen, wenn sie sich bei dieser Kratzarbeit als fehlerhaft er-

wiesen hat. Speziell weiche Metalle wie Zinn, Blei, Zink, Messing und Kupfer erhalten außerdem durch das Kratzen einen metallischen Glanz, und oft ist dieser so erzeugte Glanz schon ausreichend, um die galvanisierte Ware marktfähig zu machen.

Das Werkzeug, welches zum Kratzen dient, nennt man die Kratzbürste, und diese hat je nach den verschiedenen Artikeln eine verschiedene Form und verschiedene Beschaffenheit.

Für kleine Metallobjekte bedient man sich der Pinselkratzbürste, einer Art stumpfen Pinsels aus Messingdraht, siehe

Fig. 90.



Handkratzbürste (Pinselform).

Figur 90, welche man wie einen Anstreichpinsel anfaßt, in senkrechter Stellung mit den Drahtspitzen auf der zu kratzenden Metallfläche rasch hin- und herbewegt.

Die Kratzbürste sowohl als auch das zu kratzende Objekt muß man dabei stets angefeuchtet halten, und zwar bedient man sich sauren Bieres oder einer Mischung von Wasser mit Essig, oder benutzt Weinstein in Wasser gelöst oder, und zwar meistens, eine Abkochung von Seifenwurzel in Wasser, welche man nach einigen Tagen stets erneuern muß. Praktisch sind niedere breite Holzgefäße, über deren obere Öffnung ein schmales Brett gelegt ist, auf welches man das zu kratzende Metallobjekt auflegen kann, und während des Kratzens sowohl das Objekt an die Spitze der Kratzbürste fleißig in das im Holzgefäß befindliche Kratzwasser eintaucht, Figur 91.

Handelt es sich um die Reinigung von Metalloberflächen, so benützt man als Kratzwasser meist das Weinsteinwasser; es wird dazu der billige rohe Weinstein verwendet, wie er aus den Fässern des Weißweines in den Kellereien ausgeklopft wird. Handelt es sich darum, einen mattgewordenen elektrolytischen Niederschlag wieder glänzend zu machen, so kratzt man mit Seifenwurzelwasser, welches gleitet und die allzu scharfe Wirkung der Drahtspitzen abschwächt.

Je nach den verschiedenen Metallen und Elektroplattierungen verwendet man Kratzbürsten von verschiedenen Drahtstärken und Härten. Auch Glasbürsten werden hierzu verwendet, d. s. ähnlich pinselartige Bürsten aus fein gesponnenen Glasfäden.

Wenn es sich um Nachhilfe beim Dekapieren von Metallobjekten, die mechanisch gereinigt werden sollen, handelt,

Fig. 91.



Vorrichtung zum Kratzen mit der Hand.

wählt man für Eisen und Stahl schärfere Drahtbürsten aus Stahldraht in der Stärke von 0,2 bis 0,4 mm, für weiche Metalle wie Zink, Britannia, Zinn, Blei u. ä. Bürsten aus feineren und weicheren Drähten in der Stärke von 0,05 bis 0,15 mm.

Um einen elektrolytischen Niederschlag zu kratzen, verwendet man Kratzbürsten aus feineren sanftwirkenden Drähten, die nur das Entfernen der nichthaftenden Partien des Niederschlages und das Glänzen der festhaftenden vollziehen, ohne diese allzusehr zu schwächen, dabei werden nur die mikro-

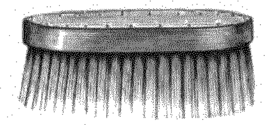
skopischen Kristallspitzen, die auf der Oberfläche des Niederschlages liegen, abgekantet und dadurch erscheint nach dieser Behandlung der anfänglich matte Metallniederschlag metallisch glänzend. Für Vermessingung und Verkupferung benützt man Messing- oder Eisendrahtbürsten, Drahtstärke 0,1 bis

Fig. 92.



Stielkratzbürste.

Fig. 93.

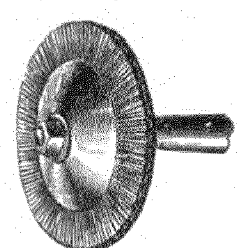


Ovale Kratzbürste.

0,2 mm, für Versilberung und Vergoldung Drahtstärke 0,05 bis 0,15 mm, als Drahtmaterial in diesem Fall meist feinsten Messing-, Stahl- oder Neusilberdraht.

Da sich die Drahtspitzen der Kratzbürste durch das Aufdrücken beim Kratzen, welches übrigens nur ganz leicht zu geschehen braucht, sehr bald umbiegen, verwickeln und zusammenballen, müssen sie fleißig wieder geradegestreckt werden. Man erreicht dies mittelst eines gewöhnlichen scharfen Küchenreibeisens, indem man das verwickelte, zusammengeballte Kratzbürstenende über dasselbe in liegender Haltung energisch aufdrückend so lange stets nach einer und derselben Richtung hinwegzieht, bis die Drahtspitzen wieder geradegestreckt sind.

Fig. 94.



Zirkularkratzbürste mit Messingflanschen.

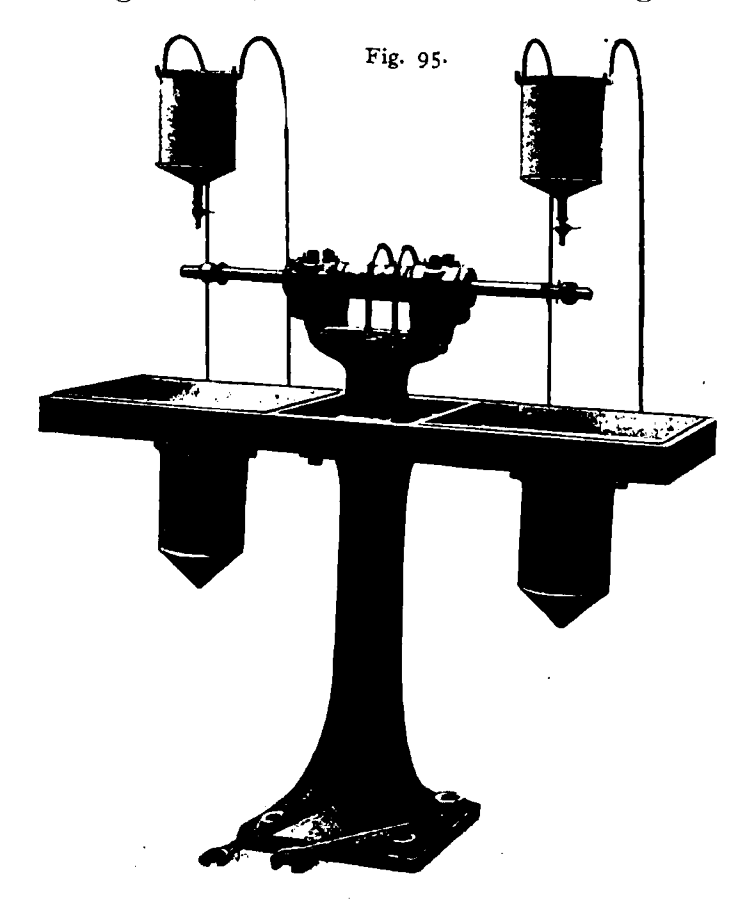
Sind die Drahtspitzen schon derart verbogen und unentwirrbar ineinander verwickelt, daß dieses Mittel nichts mehr nützt, so bleibt nichts anderes übrig, als den verwickelten Knoten mit einem scharfen Meißel auf einem Bleiklotz abzuhauen. Für große Metallflächen bedient man sich der Stielkratzbürste, Figur 92, oder ovalen Bürste, Figur 93.

Bei nur einigermaßen regem Betrieb reicht das Kratzen mit Handkratzbürsten nicht aus, es geht zu langsam; rationell und rasch kratzt man mittelst Zirkularkratzbürsten, Figur 94,

mit eigens dazu konstruierten Kratzmaschinen für Fuß- oder Motorbetrieb. Siehe Figur 95 und 96.

Die Zirkularkratzbürsten werden auf die Welle der Kratzmaschine aufgeflanscht, meist zwischen zwei Messingflanschen,

Fig. 95.



Kratzmaschine mit Zulaufgefäßen.

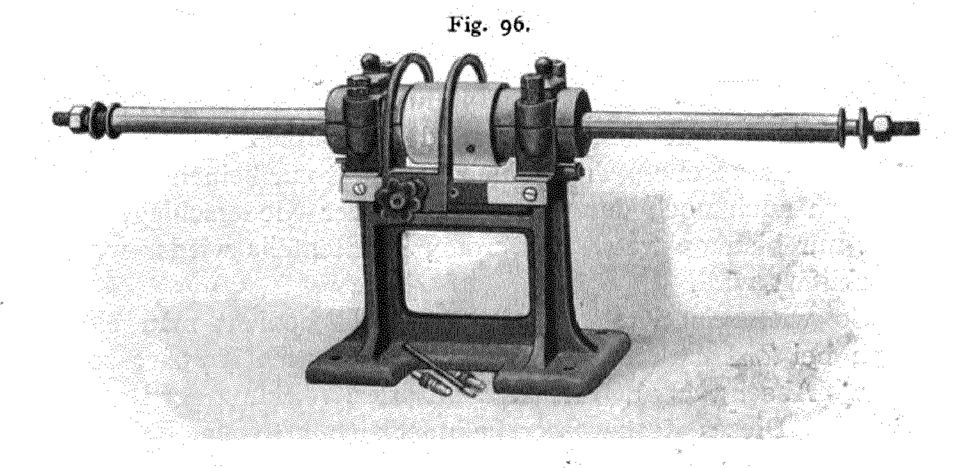
welche die Drahtborsten bis zur ungefähr halben Länge einhüllen, siehe Figur 94, um das Auseinanderlegen der Kratzbürstendrähte zu verhindern.

Die zu kratzende Metallfläche wird unter die rotierende Kratzbürste derart gehalten, daß die Drahtspitzen derselben darauf schleifen. Man darf nicht besonders stark andrücken,

sonst gibt es Risse auf der gekratzten Fläche, Bürste sowohl als auch der Niederschlag würden zu sehr leiden.

Es ist ein fast allgemein verbreiteter Fehler, die Zirkularkratzbürsten viel zu rasch laufen zu lassen; man ist vom Glanzschleifen gewohnt, daß die Welle per Minute 2000 bis 3000 Umdrehungen macht, und glaubt, die Kratzbürste müsse sich auch so rasch drehen, oder man glaubt, einfach die gewöhnliche Schleifspindel dazu verwenden zu können. Selbstverständlich geht dabei jede Kratzbürste sehr rasch zugrunde,

Fig. 96.



Kratzmaschine für Motorbetrieb.

die Drahtbürsten brechen an der Wurzel alsbald ab, auch der Bindfaden oder Binddraht, womit die Drahtbüschel eingezogen sind, scheuern sich infolge der allzu vehementen Federung derselben durch, und es fliegen dann die ganzen Drahtbündel heraus.

Wenn die Zirkularkratzbürste 500 bis 800 Umdrehungen per Minute macht, genügt dies vollkommen für den Zweck des Kratzens; auch für die Schonung des Niederschlages ist es nicht geraten, die Kratzbürste allzurasch laufen zu lassen. Bürsten mit gröberen Drähten wird man mit einer geringeren Tourenzahl laufen lassen, solche mit dünneren Drähten können etwas rascher laufen. Auch nach der Art des Niederschlages

wird man die Tourenzahl der Kratzbürste regeln; weiche Metallniederschläge (Silber, Gold, Zink usw.) erfordern eine sanftere Behandlung mit einer geringeren Umdrehungsgeschwindigkeit der Bürste als härtere (Messing, Kupfer u. dgl.).

Sehr wichtig ist ferner, die Kratzbürsten, sofern sie in Holz gefaßt sind, auf zylindrische Dorne der betreffenden rotierenden Spindel aufzusetzen und durch seitliches Festflanschen die Befestigung der Zirkularbürsten zu bewirken. Das Aufsetzen von in Holz gefaßten Kratzbürsten auf konischen Dornen ist stets gefährlich für den Holzkern solcher Bürsten, da sie während des Betriebes allzuleicht zersprengt werden.

Bei den angegebenen Umdrehungszahlen vollzieht sich das Kratzen genügend rasch, und die Bürsten bleiben geschont; eine raschere Umdrehung hat nicht nur keinen Zweck, sondern auch noch den Nachteil, daß der Niederschlag, anstatt nur blankgektratzt zu werden, größtenteils wieder weggeschliffen wird.

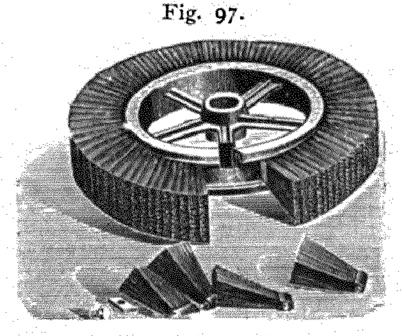
So wie beim Kratzen mit der Hand bedient man sich auch bei Zirkularkratzbürsten des sogenannten Kratzwassers behufs Abschwächung der allzu scharfen Wirkung der Drahtspitzen. Dieses Kratzwasser befindet sich in einem Behälter über der Kratzbürte, aus dem es durch ein mit einem Hahn versehenes Rohr auf dieselbe herabträufelt, wie in Figur 95 ersichtlich ist.

Um das Zerstören der Bürsten ganz zu beseitigen und um ferner die Bürste nach Abnutzung der Drähte nicht fortwerfen zu müssen, werden mit Vorliebe die in Fig. 97 abgebildeten, auswechselbaren Bürsten mit Patent-Metall-Bürstenkörpern verwendet. Je nach dem Durchmesser des Bürstenkörpers, der aus Rotguß besteht, werden 50 bis 100 der in Fig. 97 abgebildeten Einsatzbüschel eingesetzt. Diese Bürsten werden in den verschiedensten Durchmessern hergestellt und sowohl mit Büscheln von gestrecktem oder gewelltem Draht versehen; auch werden die Büschel in der verschiedensten Breite geliefert, und zwar von 10 bis 50 mm Breite.

Zum Kratzen von Innenflächen, Hohlungen usw., in welche man mit den gewöhnlichen Zirkularkratzbürsten nicht hinein-

kommen kann, wie in die Innenflächen von Kannen, Bechern, Tassen, Kelchen u. ä., hat man sogenannte Hohlkratzbürsten, Fig. 98, deren Drahtkegel man zusammgedrückt in die Hohlung einführt. Wenn es möglich ist, solche hohle Gegenstände auf die Drehbank zu spannen und so den zu kratzenden Gegenstand in Umdrehung zu versetzen, pflegt man eine Handkratzbürste zum Kratzen der Innenräume zu verwenden.

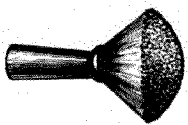
Fig. 97.



Auswechselbare Patent-Metallbürste.

In Betrieben, wo elektrische Antriebskraft zur Verfügung steht, werden an Stelle der gewöhnlichen, von Transmissionen aus angetriebenen Kratzmaschinen die Kratzmotoren angewendet. Es sind dies vollkommen dicht gekapselte Motoren mit verlängerter Welle und gleichen im Außeren den weiter hinten abgebildeten Schleif- und Poliermotoren vollkommen. Sie unterscheiden sich von den letzteren nur durch die Tourenzahl, die im allgemeinen nicht über 800 pro Minute festgesetzt wird. Je nach der Beanspruchung wählt man die Leistung der Maschine zwischen $^1/_4$ und 1 PS. Die Langbein-Pfanhauser-Werke bauen solche spezielle Motoren sowohl für Gleichstrom wie auch für Drehstrom. Die sogenannten Schleif- und Poliermotoren mit Tourenzahlen von 2000 und darüber sollten aber niemals auch zum Kratzen verwendet werden, denn der Betrieb wäre höchst unrationell, da man mittelst spezieller und dabei recht kostspieliger Regulieranlasser (nur bei Gleichstrom möglich!) viel elektrische Energie vergeuden müßte, außerdem läuft man Gefahr, daß der Arbeiter darauf vergißt, die Regulieranlasser nur zum Kratzen zu verwenden. Wird einmal an einem derartigen, eventuell auch für die Kratzarbeit eingerichteten Motor durch ein Versehen der Anlasserhebel während der den Motor stärker belastenden Polier- oder Schleifarbeit auf einen Zwischenkontakt anstatt auf den letzten

Fig. 98.



Hohlkratzbürste.

(den sogenannten Kurzschlußkontakt) gestellt, dann brennen die Spiralen des Anlassers teilweise durch, was unangenehme Betriebsunterbrechungen und unnötige Reparaturausgaben im Gefolge hat.

Abtrocknen der Metallwaren.

Obwohl der Arbeiter seine Objekte erst nach vollendeter Elektroplattierung abtrocknet, so soll doch jetzt schon darüber gesprochen werden, weil die Vorkehrungen dazu schon vor Beginn des Elektroplattierens getroffen werden sollen. Zum Abtrocknen werden Sägespäne verwendet, und zwar am besten solche aus weichem Holz. Linden- oder Pappelholzspäne sind dazu am besten geeignet; solche von Eichen- oder Kastanienholz sind nicht zu empfehlen, weil sie die Metalle und elektrolytischen Niederschläge leicht schwärzen. Die Buchsbaumholzspäne sind wohl sehr rein und werden deshalb gern verwendet, saugen aber die Feuchtigkeit nicht so gut ein. Die zum Abtrocknen bestimmten Sägespäne sollen vorher gesiebt werden, um sie von Staub, Holzstücken und dergleichen zu befreien. Man bringt sie in recht reichlicher Menge in eine große, geräumige Holzkiste, welche man an einem warmen Ort aufstellt, damit sie stets trocken bleiben. Vorteilhaft sind mit Dampfschlangen geheizte Sägespänkasten, da auf diese Weise die Späne fortgesetzt getrocknet werden.

Wenn man die fertig elektroplattierten Objekte aus dem Bad nimmt, spült man sie zuerst in reinem kalten Wasser, hält sie dann einige Sekunden in kochend heißes, aber vollkommen reines Wasser, schüttelt gut ab und reibt sie mit den Sägespänen so lange, bis sie vollkommen trocken sind. Das Eintauchen in das kochend heiße Wasser hat sowohl den Zweck, daß die Objekte rascher trocknen, als auch und insbesondere den, daß dadurch die Entfernung der in den Poren und Hohlräumen zurückgebliebenen Spuren der Elektroplattierlösungen begünstigt und deren nachteilige Folgen möglichst verhindert werden.

Sehr zu empfehlen ist es, die elektroplattierten, in den Sägespänen abgetrockneten Metallwaren noch in einem Trocken-

schrank in der Wärme nachzutrocknen. Es hat dies den guten Zweck, daß durch die Wärme die Feuchtigkeit auch aus den Poren der Metalle (namentlich bei Guß) ausgetrieben wird und nicht nachträglich Grünspan-, Rost- oder sonstige Flecken zum Vorschein kommen können, wie sie die in den Poren zurückgebliebene Feuchtigkeit, namentlich aber unsere Elektroplattierlösungen gern erzeugen. Verfasser macht besonders auf diesen Umstand aufmerksam, da es sehr häufig vorkommt, daß durch Vernachlässigung desselben die solideste Elektroplattierung nach kurzer Zeit verdorben wird und der gute Ruf dieser Industrie sowie auch der des Elektroplattierers darunter leidet.

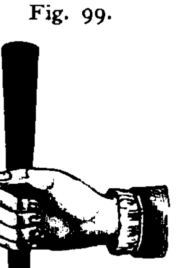
Ein zweckmäßig konstruierter Trockenschrank sollte in keiner Elektroplattierwerkstätte fehlen. Man braucht denselben nicht nur zum Nachtrocknen der elektroplattierten Metallobjekte, sondern auch zum Trocknen lackierter oder mit Sparlack gedeckter Gegenstände. Die Konstruktion eines Trockenschrankes ist sehr einfach, wohl jedem Metallarbeiter bekannt; Hauptsache ist ein guter Luftzug, um stets trockene warme Luft zu haben. Ist Dampfheizung vorhanden, so führt man das Dampfrohr in Windungen durch den zum Trocknen bestimmten Raum, selbstverständlich ohne den Dampf im Trockenraum ausströmen zu lassen; diese Dampfheizung erzeugt sehr trockene Luft von ziemlich hoher Temperatur; ist noch für gute Ventilation gesorgt, so ist der Trockenraum vollkommen. In Ermangelung einer Dampfheizung unterhält man unter dem Trockenraum des dann speziell gebauten Trockenofens ein Herdfeuer, das durch Eisenplatten vom Trockenraum abgesondert ist; die Eisenplatten überdeckt man mit Schamotte, um die Wärme gleichmäßig zu verteilen. In der Tür bringt man unten Ventilationslöcher an, mit Schiebern verschließbar; im Trockenraum oben läßt man eine Öffnung in den Kamin einmünden, durch welche die feuchte Luft abzieht. Bei ganz kleinem Betrieb muß man sich in der Weise behelfen, daß man die zu trocknenden Gegenstände über einem Eisenofen oder Herd frei in der Luft, etwa auf ein in einiger Entfernung darüber angebrachtes Gitter legt. Für kleineren Betrieb sind transportable Trockenschränke mit

Gas- oder Dampferhitzung auf den Markt gebracht worden und ist Näheres hierüber aus den Preislisten der Spezialfirmen ersichtlich.

Polieren der Metallwaren.

Es ist für jede rationell betriebene Elektroplattieranstalt unbedingt erforderlich, daß eine gut eingerichtete Glanzschleiferei vorhanden sei; insbesondere beim Vernickeln ist dies sehr wichtig, weil mit sehr wenigen Ausnahmen fast allgemein die vernickelten Gegenstände hochglanzpoliert werden. Das Glanzschleifen der Metalle ist eine Veredelung derselben, und es ist nicht in Abrede zu stellen, daß ein hochglanzpolierter Gegenstand unter gewissen Umständen ein ungleich eleganteres Aussehen hat, als wenn er roh gelassen wird, wie er aus dem Guß oder aus der Hand des Feil- oder Dreharbeiters kommt.

Fig. 99.



Handpolieren mit dem Stahl oder Blutstein.

Cuivre poli nennt man diejenigen Erzeugnisse der Kunstmetallindustrie aus Messing- oder Rotguß, welche, ohne elektroplattiert zu werden, mit ihrem natürlichen Metallglanz als Nachahmung von Altertümern, als Zierde dienen, z. B. Figuren, Leuchter, Schreibtischgarnituren u. ä., sowie die billige Imitation derselben, meist in Zinkguß angefertigt und vermessingt oder verkupfert.

Bei Objekten dieser Art wird die Glanzschleiferei angewendet, um das antike Aussehen des Gebrauches, die Abnützung zu charakterisieren; zu diesem Zwecke werden namentlich die hervorragenden Stellen glanzgeschliffen, abgerundet, während die tiefer liegenden roh bleiben.

Gegenstände, die mit Hochglanz zur Verwendung kommen, werden entweder vor dem Elektroplattieren hochglänzend poliert oder nachher; in letzterem Fall werden sie vorher fein ausgeschliffen, jedoch noch matt elektroplattiert und der Hochglanz wird erst auf dem fertigen Niederschlag erzeugt.

Das Polieren der Metallgegenstände geschieht entweder mit der Hand oder mit der Maschine. In neuerer Zeit wird eine Art Polierung, speziell goldener Objekte (aber auch Bronze u. ä.), auf elektrolytischem Wege vorgenommen, eine Methode, die bei der Vergoldung näher besprochen werden wird. Das mühevollere Handpolieren wird seltener angewendet, zumeist nur auf Silber und Gold, weil diese kostbaren Edelmetalle durch das Polieren mit der Maschine nur zu leicht empfindlichen Gewichtsverlust erleiden würden.

Für größere Ateliers, in denen Silber- oder Goldniederschläge in größeren Mengen gekratzt oder mit der Maschine poliert werden, empfiehlt es sich, das in den Kratzwässern und event. im Polierstaub enthaltene Edelmetall in speziellen Anlagen wiederzugewinnen. Hierzu wird durch Ventilatoren der Polierstaub in Wasser geleitet, aus dem durch einen rein chemischen Prozeß das in feinster Verteilung befindliche Edelmetall gewonnen wird. Man kann durch solche spezielle Einrichtungen pro Jahr ganz nennenswerte Mengen Edelmetall retten, die bei Ermangelung solcher Einrichtungen rettungslos verloren gehen würden.

Das Wiedergewinnen der Edelmetallreste aus den alten Edelmetallbädern wird später in einem besonderen Kapitel für sich behandelt werden.

Das Handpolieren besteht in einem Glätten der rauhen Metallfläche mit der spiegelglatten Polierfläche des sehr harten Polierstahles oder Steines (Blutstein) durch energisch aufdrückendes Reiben, wie dies Figur 99 veranschaulicht.

Um das Glätten der Polierfläche des Werkzeuges zu begünstigen, wird diese fleißig mit Seifenwasser benetzt, wozu die sogenannte Venetianer Seife sehr gut dient. Es ist einleuchtend, daß vor allem die Polierfläche des Stahles oder Blutsteines (Hämatit) tadellos spiegelglatt gehalten werden muß, um den Zweck des Polierens erfüllen zu können; man wird von Zeit zu Zeit diese, wenn sie Spuren von Mattwerden zeigt, sofort aufpolieren müssen, was man auf folgende Art erreicht:

Blutstein glänzt man durch Reiben auf einem mit Juchtenleder überzogenen Weichholzbrett unter Zuhilfenahme trockener

Zinnasche; Polierstähle direkt auf einem Weichholzbrett mittelst Wienerkalk und Spiritus.

Das Handpolieren kann man selbstverständlich nur bei weicheren Metallen anwenden, welche geeignet sind, durch einen mit der Hand ausgeübten Druck geglättet zu werden, wie Gold, Silber, Messing, Kupfer und dessen Legierungen, Zink, Zinn, Blei u. ä. und die Niederschläge dieser Metalle. Nickel ist mit der Hand schwierig zu polieren; nur gut vernickeltes Messing oder Kupfer eignet sich allenfalls noch dazu, wenn der Nickelniederschlag von gut haftender, duktiler, das heißt biegsamer, nicht spröder Beschaffenheit ist.

Je nach der Beschaffenheit der Oberfläche wird man auch entsprechende Formen der Polierwerkzeuge wählen.

Es ist unvermeidlich, daß bei dieser Art des Polierens mit der Hand die Metallfläche zwar Glanz zeigt, aber durch das Aufdrücken der Polierwerkzeuge bleiben kleine Unebenheiten (Rillen), diese müssen durch Überwischen mit Rehleder und feinst geschlämmtem Polierrot oder auch mit Wienerkalkpulver ausgeglichen werden, um einen vollendet gleichmäßigen Hochglanz zu erzielen. Man kann das auch mittelst rotierender, recht weicher Wollscheiben und mit den gleichen Poliermitteln bewerkstelligen.

Fabriksmäßig rationell erzielt man den Hochglanz auf Metallwaren durch das Polieren mit der Maschine.

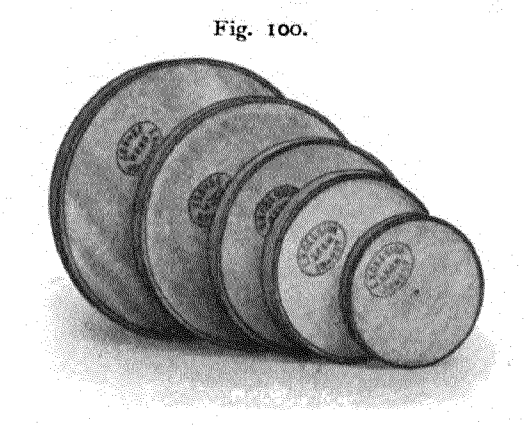
Das Polieren mit der Maschine, auch »Glanzschleifen« genannt, wird mittelst rotierender Scheiben aus entsprechendem Material ausgeführt und beruht darauf, daß die mehr oder weniger rauhe Metallfläche durch ein geeignetes Schleifmittel glattgeschliffen wird; es kann dies nur allmählich geschehen durch Wechseln des Schleifmittels, das anfänglich der Rauheit der Fläche entsprechend grobkörnig und hart gewählt wird, allmählich feiner und weicher, wie es die Beschaffenheit der fortschreitend immer glatter werdenden Arbeitsfläche erfordert bis zur Erzielung eines tadellos strichfreien Hochglanzes.

Je nach der Beschaffenheit der zu bearbeitenden Metallfläche bedient man sich entweder der nur aus Schmirgelpulver

und einem Bindemittel durch Pressen dargestellten Vollschmirgelscheiben oder der Holzscheiben mit Lederüberzug oder der Scheiben aus Kork, Filz, Stoff (Tuch oder Baumwollstoff), Borsten u. a.

Die Vollschmirgelscheiben werden meist nur zum Vorschleifen ganz roher Metallflächen verwendet und erfordern insbesondere bei größerem Durchmesser eine sichere Schutzvorrichtung, weil es bei deren rascher Umdrehungsgeschwindigkeit leicht geschehen kann, daß die Schmirgelscheibe zerspringt, die herumgeschleuderten Bruchstücke die Arbeiter

Fig. 100.



Exzelsior-Schleifscheiben aus Holz mit Leder überzogen.

gefährden. Der Umstand, daß diese Vollschmirgelscheiben hart, daher unnachgiebig sind, bringt es mit sich, daß der Schleifer für feinere Arbeiten elastische Schleifscheiben vorzieht.

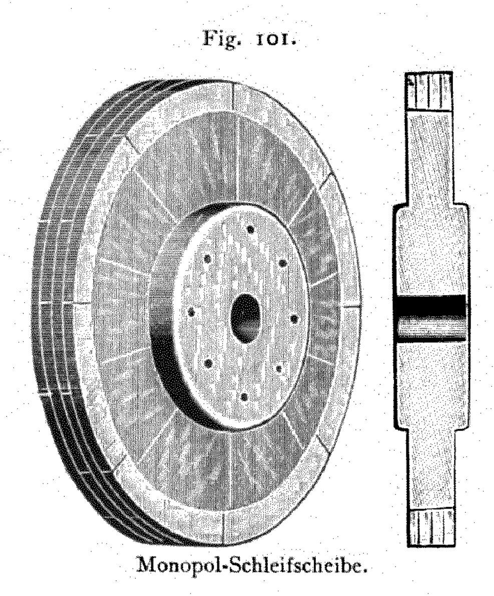
Eine solche elastische, billige, ziemlich allgemein gebrauchte Schleifscheibe ist die Holzscheibe an der Schleiffläche mit Leder überzogen.

Diese Holzscheiben werden aus Fichten-, Erlen- oder Pappelholz angefertigt, entweder aus kreuzweise übereinandergeleimten Brettchen oder aus radial zu einer Scheibe zusammengesetzten und verleimten Holzkeilen. Weil das zentrische Laufen der Schleif- und Polierscheiben eine wesentliche Hauptsache ist, müssen dieselben vor der Verwendung sorgfältig zentriert werden, damit sie bei der Arbeit ja nicht

schlagen oder vibrieren, was eine glatte Fläche höchstens wieder verderben könnte, ein Glanzschleifen damit unerreichbar wäre.

Man wird daher diese Holzscheiben erst auf einer Drehbank abdrehen (vorher mit einem entsprechend großen Aufsteckblock versehen!) und dann erst mit dem Schleifleder überziehen, wozu man am vorteilhaftesten Walroßleder ver-

Fig. 101.



Monopol-Schleifscheibe.

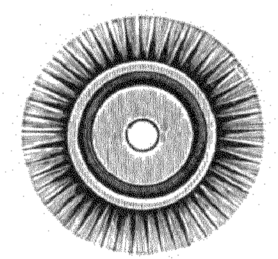
wendet, das die Vorteile geeigneter Elastizität und größerer Dicke vereint. Das Beleimen der Holzscheibe mit Schleifleder geschieht in der Weise, daß man letzteres durch Einlegen in Wasser erst erweicht, die zu überziehende Holzfläche einigemal mit bestem Kölner Leim bestreicht, das erweichte Leder mit einem Tuch abtrocknet, ausdrückt, ebenfalls mit Leim bestreicht, möglichst ausgedehnt aufzieht und mit Weichholznägeln auf der Scheibe befestigt. Nach dem vollständigen Trocknen der Leimung und des Leders wird die Scheibe abermals genau zentriert. Meist werden diese Scheiben noch mit Schmirgelpulver beleimt; behufs dessen überzieht man die Schleiffläche des Leders mit recht gutem Kölner Leim, läßt etwas trocknen, wiederholt dies und trägt das Schmirgelpulver durch Walzen der beleimten Fläche in demselben reichlich auf; feinere Schmirgelsorten rührt man direkt

in den gekochten Leim und trägt diesen Brei in mehreren Schichten auf.

In gleicher Weise geschieht das Auftragen des Schmirgels auf die vorher genau zentrierten Kork- und Filzscheiben.

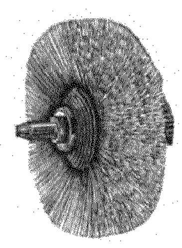
Es sei bemerkt, daß die Verwendung der mit Leder überzogenen Holzscheiben insofern etwas gefährlich ist, weil es doch vorkommen kann und tatsächlich vorkommt, daß trotz guter Leimung und aller bei deren Anfertigung verwendeten Sorgfalt infolge der raschen Umdrehung der Scheibe der Leim ausläßt oder das Holz eintrocknet und der Riemen sich loslöst, den Arbeiter ernstlich verletzen kann. In neuerer Zeit werden Schleifscheiben aus Holzfurnieren künstlich erzeugt, die, auf der Schleiffläche auch mit Leder bezogen und mit Schmirgelpulver beleimt, obigen Holzscheiben entschieden vorzuziehen sind; diese Scheiben (Exzelsiorscheiben) sind leicht im Gewicht und absolut gefahrlos. Siehe Figur 101.

Fig. 102.



Schleifbürste.

Fig. 103.



Bürste mit Eisenflanschen.

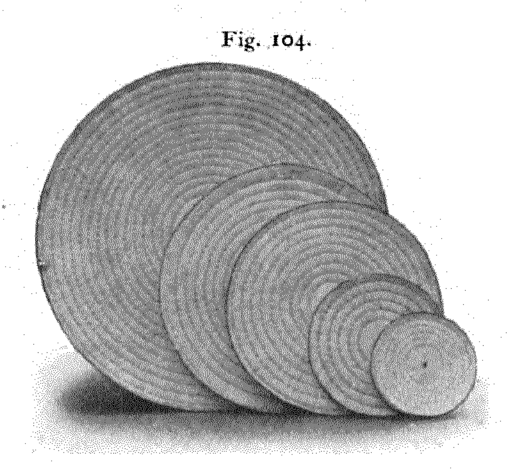
Eine sehr ökonomische und dabei vollkommen sicher belederte Schleifscheibe ist die in nebenstehender Figur 102 abgebildete Monopol-Schleifscheibe. Sie besteht aus mehreren kreuzweise verleimten Scheiben und besitzt einen Lederkranz von mehreren Zentimetern Dicke, der aus einzelnen ziegelartigen gegeneinander versetzten Segmenten besteht. Man erhält auf diese Weise nicht nur eine elastische Scheibe, sondern eine ungemein lang verwendbare Schleifscheibe bei verhältnismäßig niedrigem Anschaffungspreis*).

Für Gegenstände mit unebener Oberfläche (mit Vertiefungen) muß man Schleifscheiben verwenden, die sehr nachgiebig auch in die tiefsten Stellen eindringend arbeiten. Dazu eignen sich Schleifbürsten aus Borsten oder Fiber (Borstenimitation) in Holzkörper eingezogen, Figur 103, oder mit Eisenkörper zum

*) Näheres hierüber siehe Preisblatt der Langbein-Pfanhauser Werke.

Selbstanfertigen, Figur 104. Analog wie die Bürstenkörper mit auswechselbaren Kratzbürstenbüscheln werden solche mit auswechselbaren Schleifbüscheln gehandelt und sei auf die Abbildung Seite 279, Fig. 97 hingewiesen. Zum Feinschleifen verwendet man Scheiben aus losen Stoffblättern, Figur 104, aus altem Militärtuch oder Baumwollstoff (Köper oder Nessel) bestehend, sogenannte »Schwabbeln«, die rotierend sich aufstellen, durch festes Andrücken des zu schleifenden unebenen Gegenstandes in die Vertiefungen eindringen. Bei dieser Art des Schleifens wird der Schmirgel mit Öl oder geschmolzenem Unschlitt zu einem Brei angerührt, während der

Fig. 104.



Mosaik-Köper-Schwabbel.

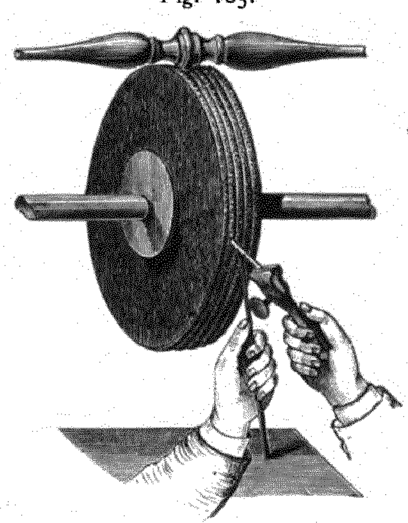
Arbeit in entsprechenden Partien auf die zu schleifende Fläche aufgetragen. Bequemer und reinlicher, dabei weit sparsamer arbeitet man mit den von den Spezialfirmen für Galvanotechnik und Metallschleiferei hergestellten Poliermassen in Blockform.

Für fassoniert gedrehte Gegenstände, wenn solche gleichartig in größerer Anzahl zu schleifen sind, wird es sich verlohnen, die Schleifscheiben der Fasson der Gegenstände anpassend gleichfalls zu fassonieren. Siehe Figur 105.

Dies geschieht mit einem Fassonmesser, mit dem man die Schleiffläche der Scheibe auf der Drehbank abdreht, der Fasson anpassend und nachher mit Schmirgel beleimt. — Rationell und fabriksmäßig ist das Glanzschleifen (Polieren)

nur mit Motorkraft, denn es erfordert einen ziemlich hohen Kraftaufwand, insbesondere bei der Bearbeitung großer, schwerer Gegenstände (per Schleifer $^1/_2$ bis $1^1/_2$ PS und dar-

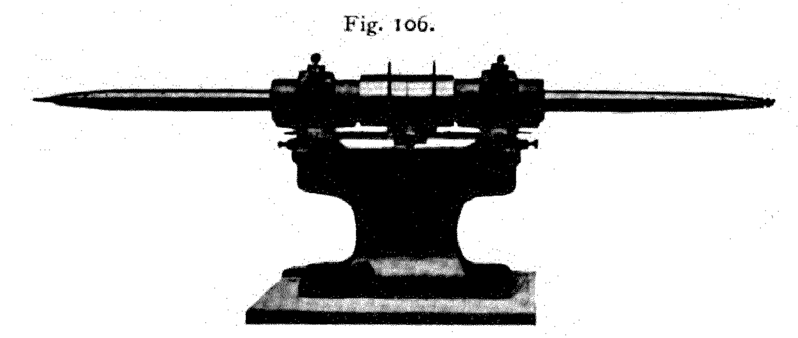
Fig. 105.



Fassonieren der Schleifscheibe.

über), die dazu verwendeten Maschinen, Schleif- und Poliermaschinen genannt, müssen besonders sorgfältig gearbeitet und stark gebaut sein, damit sie präzis funktionieren, nicht

Fig. 106.



Poliermaschine, Modell V.

schlagen und der meist ziemlich rohen Behandlung des Schleifpersonales standhalten können.

Die Wellen dieser Maschinen haben verschiedene Form, je nach der Art der Schleifscheiben, die sie aufzunehmen haben,

und der Beschaffenheit der zu schleifenden Gegenstände. Die Wellen sind entweder mit Flanschen versehen oder konisch

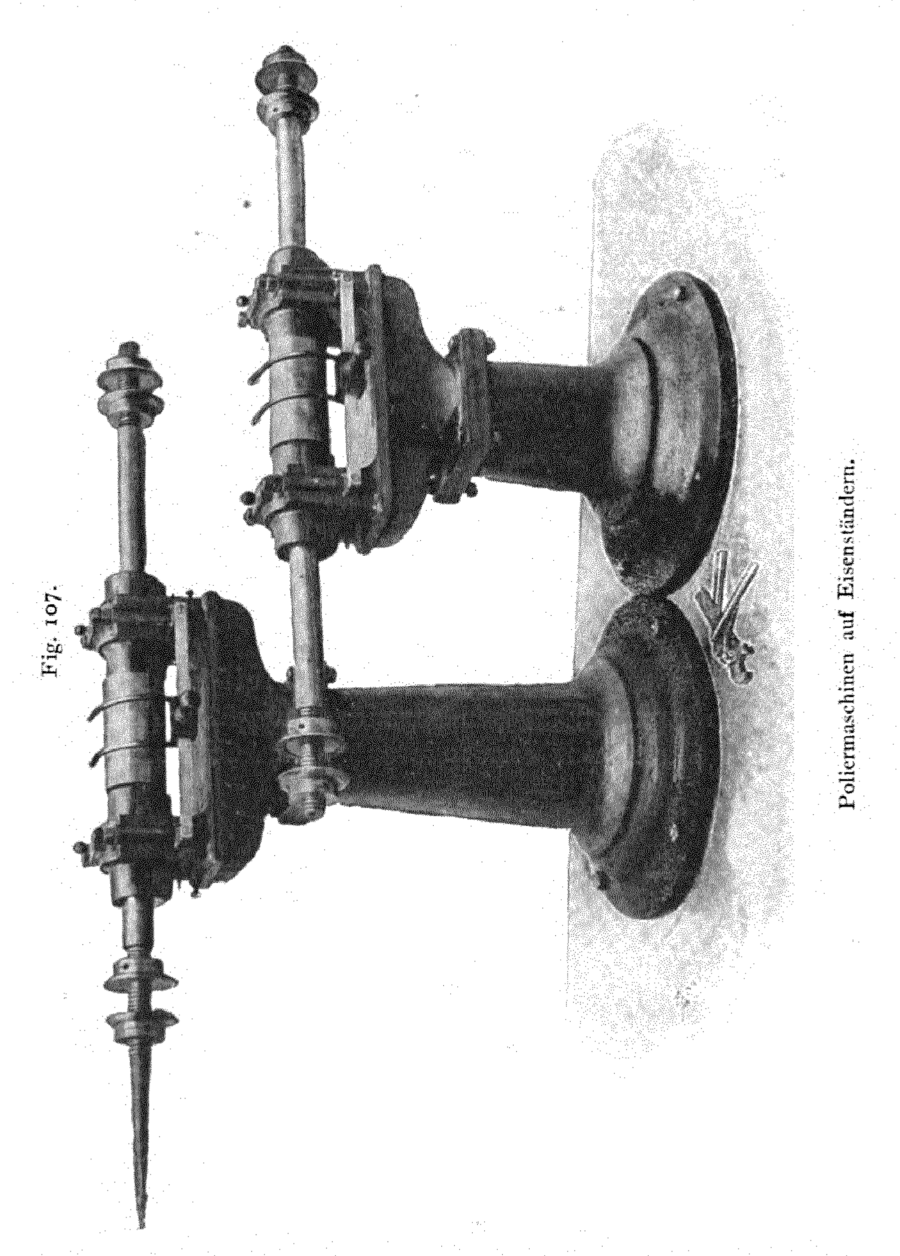


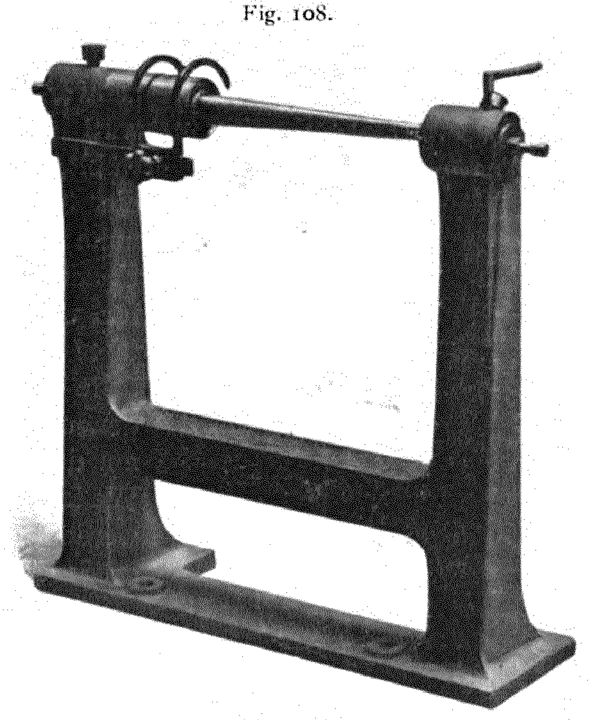
Fig. 107. Poliermaschinen auf Eisenständern.

glatt oder mit Gewinde, je nach den Arbeitseigentümlichkeiten, wie sie in den verschiedenen Industriebezirken herrschen.

Die Illustrationen (Figuren 106 bis 115) zeigen die meist gebräuchlichen Typen der Poliermaschinen, wie sie in der Maschinenfabrik der Langbein-Pfanhauser Werke in vollkommenster Ausführung gebaut werden.

Weiche Schleif- und Polierscheiben aus Filz, Tuch, Leder, Kork u. ä. wird man meist zwischen Flanschen befestigen, wie solche die Modelle DD, FD und FF besitzen. Polier- und

Fig. 108.



Polierstand.

Schleifscheiben, die oft und rasch gewechselt werden müssen, pflegt man auf konisch verlaufende Wellen aufzusetzen. Wenn es sich um das Schleifen schwerer und sehr harter Objekte handelt, die mit großer Kraft an die Scheiben angedrückt werden müssen, wird man die Schleif- und Polierscheiben stets einflanschen; für leichtere Arbeit benützt man Konusse zum Aufstecken der Scheiben, und zwar halten begreiflicherweise die mit Gewinde versehenen Konusse die Scheiben fester als die glatten, während diese (Modell V, Figur 106) wieder den Vor-

teil bieten, daß die Scheiben auch während des Laufens der Wellen gewechselt werden können.

Sind die zu schleifenden Gegenstände mehr lang als voluminös, oder ist die Schleifscheibe sehr schwer im Gewicht, wird man Modelle wählen, bei denen die Scheiben ganz nahe an den Lagern einzuflanschen sind; für voluminöse Objekte wird man Modelle wählen, bei denen die Scheiben an den Enden der Wellen eingeflanscht werden, wodurch ein größerer Bewegungs-



Fig. 109. Polierbank (Vorderansicht).

Fig. 110. Polierbank (Seitenansicht).

raum zum Manipulieren mit dem voluminösen Gegenstand geboten ist. Die Schleif- und Poliermaschinenmodelle werden an den Enden der Wellen oft noch mit kleinen Metallschrauben versehen (wie ein Korkzieher); diese dienen zur Aufnahme kleiner Scheiben aus Filz oder Leder, zum Schleifen und Polieren in Hohlräumen und schwer zugänglichen Stellen. Maßgebend für die Wahl des Maschinenmodells wird aber der Umstand sein, daß man schwere Scheiben möglichst nahe an den Lagern der Schleifmaschinen anbringen muß, um das freie Wellenende nicht übermäßig zu belasten. Dadurch läuft man nämlich Gefahr, daß die Wellen schlagen und mit schlagenden, d. i. vibrierenden Wellen und Scheiben ist keine einwandfreie Schleif- und Polierarbeit zu erhalten. Um Platz für die Fundamente der Poliermaschinen zu sparen, wird sehr oft die in Figur 109 u. 110 abgebildete Polierbank benutzt, wie sie von den Langbein-Pfanhauser Werken unter Benutzung der früher beschriebenen Polierwellen gebaut wird. Wie die Abbildung zeigt, trägt ein solides Eisengerüst eine größere Anzahl von Poliermaschinen, deren Wellen einwandfrei zentrisch, ohne jede Vibration laufen.

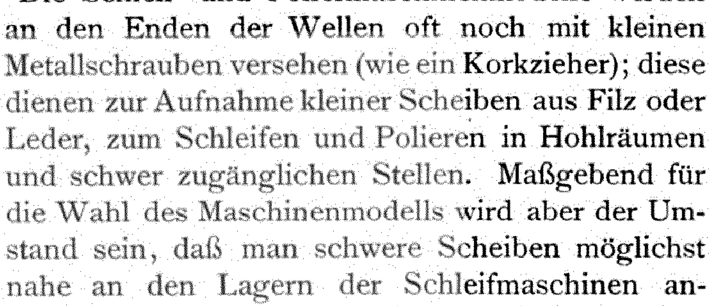
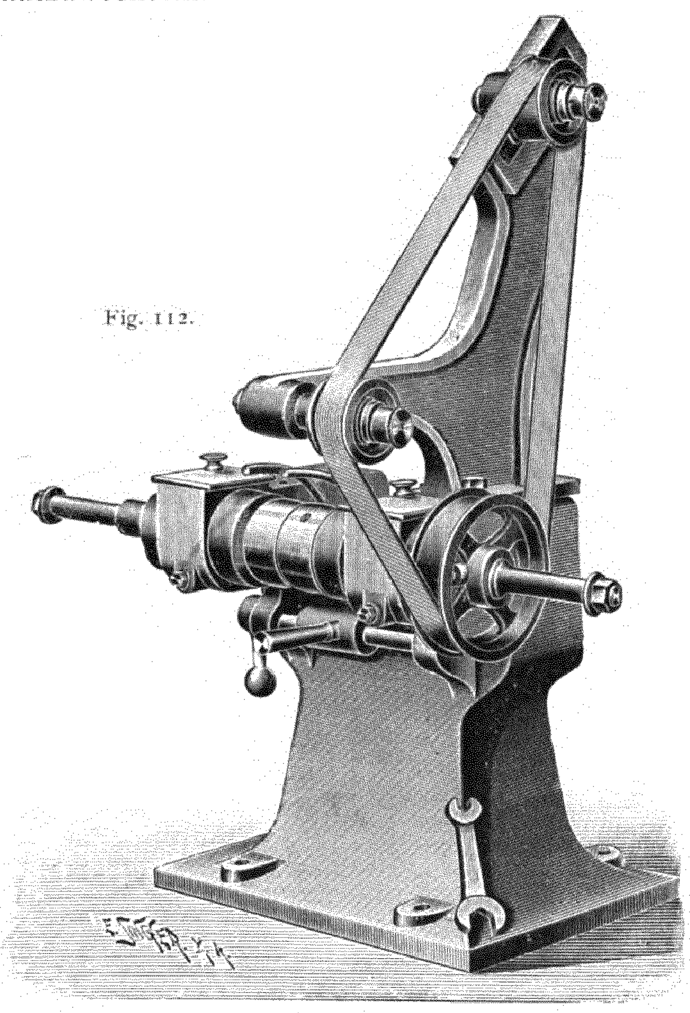


Fig. 111. Poliermaschine Modell FB.

Die Maschine Modell FB (Figur 111) ist wegen ihrer großen Ausladung sehr beliebt. Sie besitzt zwei abnehmbare Aufsteckfutter, die in lange Führungen mit Innengewinden solid

an der Hauptwelle der Poliermaschine befestigt werden und die gestatten, die daran angebrachten Scheiben leicht und rasch auszuwechseln.

Fig. 112.



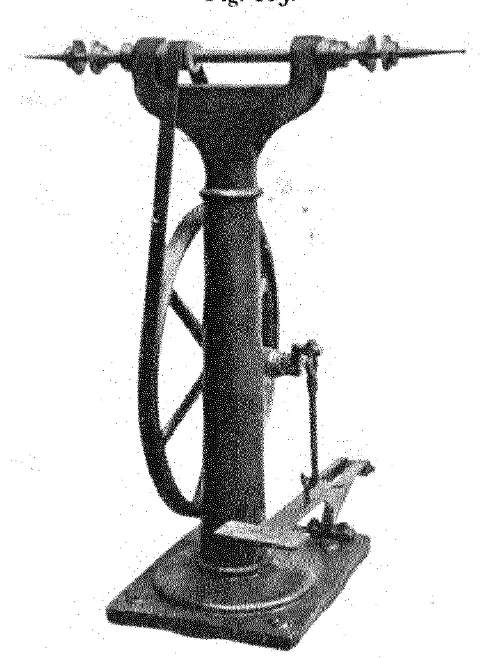
Rund-, Schleif- und Poliermaschine.

Es würde zu weit führen, die vielen anderen Konstruktionen solcher Schleif- und Poliermaschinen (der Schleifer nennt sie allgemein Stechzeuge) zu beschreiben. Der Arbeiter findet in den Listen der Spezialfabriken für Galvanotechnik und Metallpolierung eine große Auswahl, und er wird stets Modelle darin finden, die seinem speziellen Zweck genügen

und die betr. Maschinenfabrik wird gewiß gerne besonderen Wünschen der Praxis Rechnung tragen.

Zum Schleifen und Polieren von runden, gebogenen, stangenförmigen Gegenständen, wie die Bestandteile der Fahrradfabrikation u. ä., dient speziell die in Figur 112 dargestellte Rundschleif- und Poliermaschine. Die Konstruktion und Verwendungsweise ist aus der Zeichnung leicht ersichtlich; die

Fig. 113.



Poliermaschine für Fußbetrieb (mit Kugellagern).

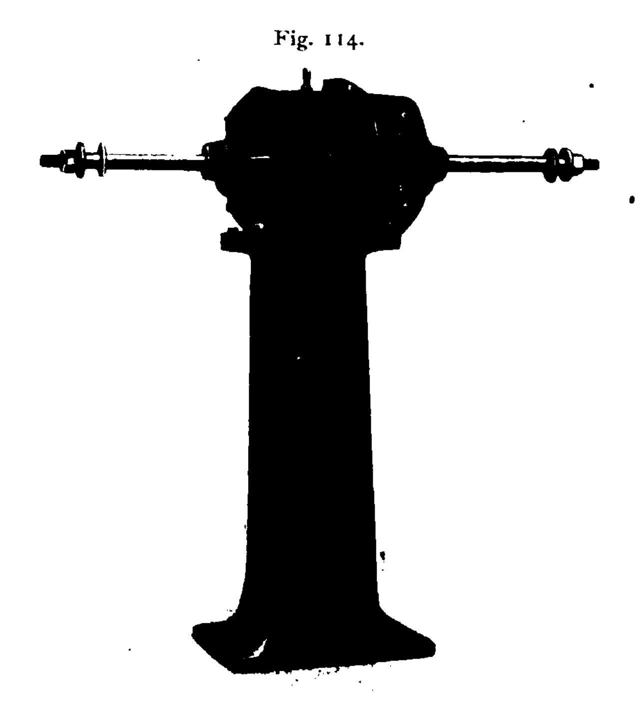
Schleifriemen sind entweder aus Kernleder (zum Grobschleifen) oder aus endlos gewebtem Baumwollgewebe mit einem Bezug von Sämischleder (zum Feinschleifen) versehen. Mittelst geeigneter Spannrollen wird die Spannung der Riemen bewerkstelligt.

Sehr wichtig ist die Montage der Poliermaschinen in einer jede Vibration ausschließenden Weise; davon hängt sowohl die mehr oder weniger gute Schleifarbeit als auch die Leistungsfähigkeit und insbesondere die Haltbarkeit der Maschinen ab. Einleuchtend ist, daß man die Poliermaschinen nicht auf Holz

montieren soll, weil dieses, an und für sich nachgiebig federnd, eine Stabilität nicht bietet, auch dem Einfluß der Witterung und Temperatur unterworfen ist; man wird die Montage soliderweise entweder auf einem Sockel aus Stein oder Zementmauerwerk ausführen.

Die in Figur 107 dargestellten Schleif- und Poliermaschinen auf Eisenständern werden direkt am Fußboden montiert, auf

Fig. 114.



Schleif- und Poliermotor.

Stein- oder Zementmauerwerk fundamentiert und werden je nach der Arbeitsweise mit verschiedenen Wellenhöhen von 600 bis 1000 mm ausgeführt.

Das Glanzschleifen mit Maschinen für Fußbetrieb ist nur für kleine Metallgegenstände anwendbar und nur mit kleinen Schleifscheiben bis zu einem Durchmesser von höchstens 20 cm auszuführen. Eine besondere Leistungsfähigkeit ist beim Schleifen mit Fußbetrieb nicht zu verlangen; größere

Objekte auf diese Weise zu bearbeiten, ist so ziemlich ausgeschlossen, jedenfalls sehr mühsam und anstrengend, weil die menschliche Kraft für die bei größeren Beanspruchungen erforderlichen Leistungen unzureichend ist.

In Figur 113 ist eine Schleif- und Poliermaschine für Fußbetrieb veranschaulicht; diese ist mit Kugellagern konstruiert, wodurch ein sehr leichter Gang bei möglichster Schonung des Arbeiters erreicht wird.

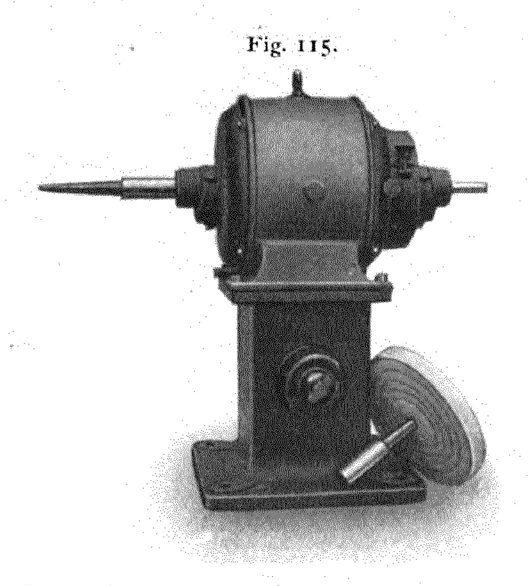
Die vorbeschriebenen Schleif- und Poliermaschinen, die natürlich nur eine kleine Auswahl der bestehenden Modelle repräsentieren, müssen durchschnittlich 1500—2000 Touren machen, um die zum Bearbeiten der einzelnen Metalle mit den passenden Schleifmitteln wünschenswerte Schleifgeschwindigkeit der Scheiben, die auf den Wellenenden aufgesetzt werden, zu erreichen. Dies bedingt die Anbringung je eines Vorgeleges für jede Schleifmaschine und dadurch wird der Betrieb ganz wesentlich verteuert. Durch die erforderliche Zwischenschaltung von Vorgelegen geht durchschnittlich 50 bis 75 % der an der Haupttransmission disponiblen mechanischen Energie verloren und jeder, der mit einem auch nur einigermaßen ausgedehnten Schleifereibetrieb zu tun hat, weiß, wie viel unnötige Kraft durch Vorgelege und Riemen verloren geht.

Diesem Übelstand wird durch die elektrisch betriebenen sogenannten Schleif- und Poliermotoren abgeholfen. Die Antriebsmotoren sitzen bei diesen Maschinen direkt auf der Schleifwelle und es wird auf diese Weise jedes Vorgelege mit seinen mechanischen Verlusten und ebenfalls jeder, einen Kraftverlust verursachende Riemenzug vermieden. Besonders wertvoll sind diese Motoren dadurch, daß sie wirklich nur so viel elektrische Energie aufnehmen, als zur effektiven Arbeitsleistung des Schleifens oder Polierens benötigt wird.

Wird die eine oder andere Poliermaschinenwelle nicht gebraucht, so wird der Motor mit Hilfe des direkt an seiner Säule an- oder in derselben eingebauten Anlaßapparates abgestellt und man kann auf diese Weise an Betriebskosten ganz enorm sparen. Ein weiterer Vorteil beim Betrieb mit solchen Poliermotoren ist der Wegfall der Riemen selbst, wo-

durch der Schleif- und Polierraum heller und übersichtlicher wird. In Fig. 115 ist eine solche Maschine auf hoher Säule mit eingebautem Anlasser dargestellt, wie solche die Langbein-Pfanhauser-Werke in allen Leistungen und Tourenzahlen sowohl für Gleichstrom wie für Drehstrom und Einphasen-Wechselstrom bauen. Fig. 116 zeigt ein kleineres Modell mit abnehmbaren und leicht auswechselbaren Spitzenspindeln; letztere sind vorzugsweise für die Bearbeitung kleinerer Teile konstruiert. Die Motoren sind staubdicht gekapselt und äußerst

Fig. 115.



Poliermotor mit auswechselbaren Spitzenspindeln.

solide konstruiert und haben sich durch langjährige Praxis als die besten erwiesen. Man benutzt zum Schleifen Motoren von 1400—1600 Touren, zum eigentlichen Polieren dagegen solche mit 2000—3000 Touren pro Minute. Man darf sich aber bei der Aufstellung der Schleif- und Poliermotoren durchaus nicht von kleinlichen Gesichtspunkten leiten lassen und aus verkehrter Sparsamkeit die Motorenleistungen zu knapp nehmen. Man unterschätzt zumeist die Kraftäußerung, die der Arbeiter speziell beim Schleifen ausüben kann. Für das Schleifen mittlerer Gegenstände, wenn mit Tourenzahlen von 1500—1600 gearbeitet wird, muß man pro Arbeiter

bei Verwendung mittlerer Schleifscheiben von 300 mm Durchmesser mindest 2,5—3 PS annehmen. Wird mit Schleifbürsten dieser Größe gearbeitet, so kann ein Arbeiter bei einigermaßen intensivem Andrücken des Gegenstandes an die Maschine 3½—4 PS und noch mehr bremsen.

Das Polieren mit der Schwabbel und unter Zuhilfenahme von Poliermassen erfordert im allgemeinen nur halb so viel Kraft wie das Schleifen desselben Gegenstandes. Je kleiner die Scheibe und je kleiner die Tourenzahl ist, desto geringer ist die Bremswirkung. Am besten wird man den Fachingenieur in solchen Fällen entscheiden lassen, welche PS-Leistung und Tourenzahl man für den aufzustellenden Schleif- und Poliermotor wählen soll. Nachstehende Tabelle (Seite 300 bis 302) mag eine ungefähre Übersicht über die Verhältnisse beim Schleifen und Polieren geben, die der Praxis entstammt, doch sind natürlich ganz genaue Zahlen niemals zu geben, weil zu viele verschiedene Momente dabei mitsprechen.

Die Leistungsfähigkeit der Arbeit des Schleifens und Polierens ist bedingt von der guten und zweckmäßigen Einrichtung, von der Verwendung richtig geeigneter und solid konstruierter Maschinen, vom Vorhandensein genügender Kraft, um bei gleichmäßigem Gang die erforderliche Umdrehungsgeschwindigkeit der Schleif- und Polierscheiben zu erhalten.

Die Arbeitsleistung des Schleifens und Polierens ist abhängig von der Laufgeschwindigkeit der rotierenden Schleiffläche; unter der Bezeichnung »Laufgeschwindigkeit der Schleiffläche« versteht man, da ja doch meist mit der Peripheriefläche runder Scheiben gearbeitet wird, den Weg, den die Scheibe bei einer bestimmten Umdrehungszahl, auf einer planen Unterlage laufend, zurücklegen würde.

Weil der Umfang einer kreisrunden Scheibe im Verhältnis zum Durchmesser wächst, so ist es klar, daß eine Scheibe mit größerem Durchmesser, um den gleichen Weg in gleicher Zeit zurückzulegen, weniger Umdrehungen zu machen braucht als eine solche mit kleinerem Durchmesser.

Die Anzahl der Umdrehungen, die eine Scheibe oder Welle in einer bestimmten Zeit macht, nennt man deren Tourenzahl

Tourenzahl der Scheibe pro Min.	Durchmesser der Scheibe mm	Breite der Scheibe mm	Druckäußerung des Arbeiters in kg pro 20 mm Scheibenbreite	Erforderliche Kraft pro Mann bei Anwendung	
				starkgreifender Schleifmittel PS	polierender Mittel PS
1250	250	20	2,5	0,65	0,5
			5,0	1,3	1,0
		30	2,5	0,975	0,75
			5,0	1,95	1,5
		40	2,5	1,3	1,0
			5,0	2,6	2,0
	300	20	2,5	0,78	0,6
			5,0	1,56	1,2
		30	2,5	0,98	0,9
			5,0	1,96	1,8
		40	2,5	1,56	1,2
			5,0	3,12	2,4
	350	20	2,5	0,91	0,7
			5,0	1,82	1,4
		30	2,5	1,37	1,05
			5,0	2,74	2,10
		40	2,5	1,82	1,4
			5,0	3,64	2,8
1500	250	20	2,5	0,78	0,6
			5,0	1,56	1,2
		30	2,5	1,17	0,9
			5,0	2,34	1,8
		40	2,5	1,56	1,2
			5,0	3,12	2,4
	300	20	2,5	0,94	0,725
			5,0	1,98	1,45
		30	2,5	1,18	0,91
			5,0	2,36	1,82
		40	2,5	1,88	1,45
			5,0	3,76	2,9
	350	20	2,5	1,09	0,84
			5,0	2,18	1,68
		30	2,5	1,64	1,26
			5,0	3,28	2,52
		40	2,5	2,18	1,68
			5,0	4,36	3,36

Tourenzahl der Scheibe pro Min.	Durchmesser der Scheibe mm	Breite der Scheibe mm	Druckäußerung des Arbeiters in kg pro 20 mm Scheibenbreite	Erforderliche Kraft pro Mann bei Anwendung starkgreifender Schleifmittel PS	Erforderliche Kraft pro Mann bei Anwendung polierender Mittel PS
1750	250	20	2,5	0,91	0,7
			5,0	1,82	1,4
		30	2,5	1,37	1,05
			5,0	2,74	2,10
		40	2,5	1,82	1,4
			5,0	3,64	2,8
	300	20	2,5	1,09	0,84
			5,0	2,18	1,68
		30	2,5	1,64	1,26
			5,0	3,28	2,52
		40	2,5	2,18	1,68
			5,0	4,36	3,36
	350	20	2,5	1,27	0,98
			5,0	2,57	1,96
		30	2,5	1,92	1,48
			5,0	3,84	2,96
		40	2,5	2,54	1,96
			5,0	5,08	3,92
2000	250	20	2,5	1,05	0,81
			5,0	2,1	1,62
		30	2,5	1,58	1,22
			5,0	3,16	2,44
		40	2,5	2,1	1,62
			5,0	4,2	3,24
	300	20	2,5	1,25	0,96
			5,0	2,50	1,92
		30	2,5	1,87	1,29
			5,0	3,64	2,50
		40	2,5	2,5	1,92
			5,0	5,0	3,84
	350	20	2,5	1,46	1,13
			5,0	2,92	2,26
		30	2,5	2,2	1,70
			5,0	4,4	3,40
		40	2,5	2,92	2,26
			5,0	5,84	4,52

Tourenzahl der Scheibe pro Min.	Durchmesser der Scheibe mm	Breite der Scheibe mm	Druckäußerung des Arbeiters in kg pro 20 mm Scheibenbreite	Erforderliche Kraft pro Mann bei Anwendung starkgreifender Schleifmittel PS	polierender Mittel PS
2500	250	20	2,5	1,3	1,0
			5,0	2,6	2,0
		30	2,5	1,95	1,5
			5,0	3,90	3,0
		40	2,5	2,6	2,0
			5,0	5,2	4,0
	300	20	2,5	1,56	1,2
			5,0	3,12	2,4
		30	2,5	1,96	1,8
			5,0	3,92	3,6
		40	2,5	3,12	2,4
			5,0	6,24	4,8
	350	20	2,5	1,82	1,4
			5,0	3,64	2,8
		30	2,5	2,74	2,1
			5,0	5,68	4,2
		40	2,5	3,64	2,8
			5,0	7,28	5,6
2750	250	20	2,5	1,43	1,1
			5,0	2,86	2,2
		30	2,5	2,15	1,66
			5,0	4,30	3,32
		40	2,5	2,86	2,2
			5,0	5,72	4,4
	300	20	2,5	1,72	1,33
			5,0	3,44	2,66
		30	2,5	2,57	1,98
			5,0	5,14	3,96
		40	2,5	3,44	2,66
			5,0	6,88	5,32
	350	20	2,5	2,0	1,54
			5,0	4,0	3,08
		30	2,5	3,0	2,3
			5,0	6,0	4,6
		40	2,5	4,0	3,08
			5,0	8,0	6,16

Die erforderliche Kraft wechselt aber auch noch je nach dem Material der Schleif- und Polierscheibe und je nach Art die für der Schleif- und Poliermassen verwendeten Fette.

in dieser Zeit; es ist in der Maschinentechnik allgemein üblich, diese Tourenzahl auf die Minute zu beziehen, und wir werden von nun an mit der Bezeichnung »Tourenzahl« auch immer die Anzahl der Umdrehungen per Minute bezeichnen.

Erfahrungsgemäß sind die günstigsten Laufflächen der schleifenden, respektive polierenden Fläche für die verschiedenen Metalle ungefähr folgende:

Für Eisen, Stahl, Nickel: 30 m pro Sekunde,

Für Messing, Bronze, Kupfer u. ä.: 25 m pro Sekunde,

Für Zink, Zinn, Britannia, Aluminium u. ä.: 20 m pro Sekunde, dementsprechend ergeben sich für die verschiedenen Scheibendurchmesser und die verschiedenen Metalle bei Anwendung von Holzschmirgelscheiben oder Scheiben aus Kork, Filz, Stoff (Tuch- oder Baumwoll-), Borsten oder Fiber ungefähr folgende Tourenzahlen:

Für Durchmesser der Schleifscheibe von	200 mm	250 mm	300 mm	350 mm	400 mm
Zum Polieren von Eisen, Stahl, Nickel	2850	2300	1880	1620	1440
„ „ „ Messing, Kupfer u. ä.	2400	1900	1590	1360	1190
„ „ „ Zink, Britannia u. ä.	1900	1530	1260	1090	960

Der Vorgang des Schleifens der Metallwaren ist verschieden, je nach dem Zustand, in dem diese zum Schleifen kommen. Ist es roher Guß, noch mit Zunder und Gußhaut behaftet, so wird man Schmirgelscheiben mit ganz grobem Korn verwenden, um die gröbsten Unebenheiten und insbesondere die harte Gußhaut zu beseitigen; das nennt man Grobschleifen oder Vorschleifen. Nach dieser Vorbearbeitung schleift man mit fortschreitender Glättung der Arbeitsfläche nach und nach mit immer feinerem Schmirgelkorn bis zum Schmirgelmehl, womit schon ein recht feiner Schliff erzielt wird, aber die Metallfläche wird noch immer matt aussehen; bis zu diesem Stadium nennt man es Feinschleifen.

Es sei hier erwähnt, daß Gegenstände, die besonders solid und stark elektroplattiert werden sollen, am besten in diesem Stadium des Schliffes der Manipulation des Elektroplattierens zu übergeben sind, der eigentliche Hochglanz wird erst auf dem feinen Matt des Niederschlages erzeugt.

Bei diesem Feinschleifen wird man bei Verwendung der feineren Schmirgelnummern sanfter wirkende elastische Schleifscheiben vorziehen, und zwar für glatte Gegenstände Scheiben aus grobem Filz, deren Schleiffläche mit dem entsprechenden Schmirgelkorn beleimt wurde, für Gegenstände mit Vertiefungen Stoffscheiben aus Tuch oder Baumwollstoff, sogenannte Schwabbeln, oder auch Schleifbürsten aus Borsten oder Fiber, das Schmirgelpulver, mit Öl oder geschmolzenem Unschlitt zu einem Brei angerührt, wird auf die zu schleifende Fläche aufgetragen.

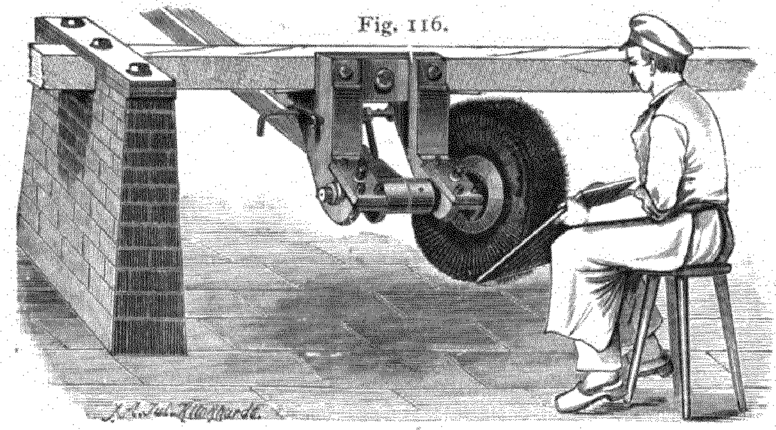
Nach dem Feinschleifen folgt das Hochglanzschleifen (Polieren), das ist die Herstellung jenes effektvollen spiegelnden Hochglanzes, den bei der jetzt herrschenden Mode die meisten Metallwaren zeigen. Zum Hochglanzschleifen bedient man sich für Gegenstände mit glatten Flächen der Feinfilzscheiben, für solche mit Vertiefungen der Schwabbeln, bei weicheren Metallen der Baumwollschwabbeln oder Wollscheiben. Als Schleifmittel oder besser gesagt, als Glänzmittel gebrauchte man bisher feinst zermalmten, sandfreien, frisch gebrannten Wienerkalk mit Stearinöl, die man abwechselnd auf die hochglänzend zu polierende Metallfläche auftrug; das Manipulieren mit Wienerkalk und Stearinöl hat die große Unannehmlichkeit, daß es viel Staub verursacht und Fett schleudert, für den Arbeiter gesundheitsschädlich ist, Personal und Arbeitsräume in höchstem Grad verschmutzt. Diese Übelstände entfallen bei Verwendung der Poliermassen in fester Blockform, welche an die rotierende Scheibe angehalten werden und welche sehr rasch einen schönen Hochglanz erzeugen, ohne Staub und Schmutz zu verursachen.

Der Arbeiter hat beim Schleifen in allen Stadien den Gegenstand fortwährend zu drehen und zu wenden, um das Glätten der zu schleifenden Fläche zu begünstigen.

Wurden die Metallfabrikate im Stadium des Feinschliffes mit noch matter Oberfläche zur Elektroplattierung gebracht, behufs Herstellung eines besonders soliden Niederschlages, und der Hochglanz auf dem fertigen Niederschlag erzeugt, so empfehlen sich hierzu sanft wirkende Polierscheiben von besonders feinem Stoff (Feinfilz oder Wollscheiben oder Baumwollschwabbel) und ebenso sanft wirkende Poliermittel, wie etwa Hochglanzmasse P oder Masse WIa, um den Niederschlag möglichst zu schonen.

Das Schleifen und Polieren der Bleche hat sich zu einer ganz bedeutenden Industrie entwickelt; insbesonders Zinkbleche werden mit Hochglanz poliert und vernickelt in großen Mengen in den Handel gebracht. Das Schleifen und Polieren solcher Bleche wird auf folgende Art betrieben: die Bleche werden auf ein glatt gehobeltes Brett gelegt, womit der Arbeiter das Blech mit den Knien an die rotierende Bürste oder Scheibe andrückend bearbeitet. Sind die Bleche roh, so erfordern sie ein vorheriges Ausschleifen mit möglichst langen Borsten- oder Fiberbürsten mit feinem Schmirgel oder Bimsstein. Die

Fig. 116.



Blech-Poliermaschine.

zum Vernickeln bestimmten Zinkbleche kommen zumeist schon recht fein bearbeitet aus den Zinkwalzwerken, brauchen nur mehr geglänzt zu werden, wozu eine Polierscheibe aus Tuch- oder Baumwollstoff dient unter Zuhilfenahme von Kalk und Stearinöl, die man abwechselnd auf die Bleche aufträgt.

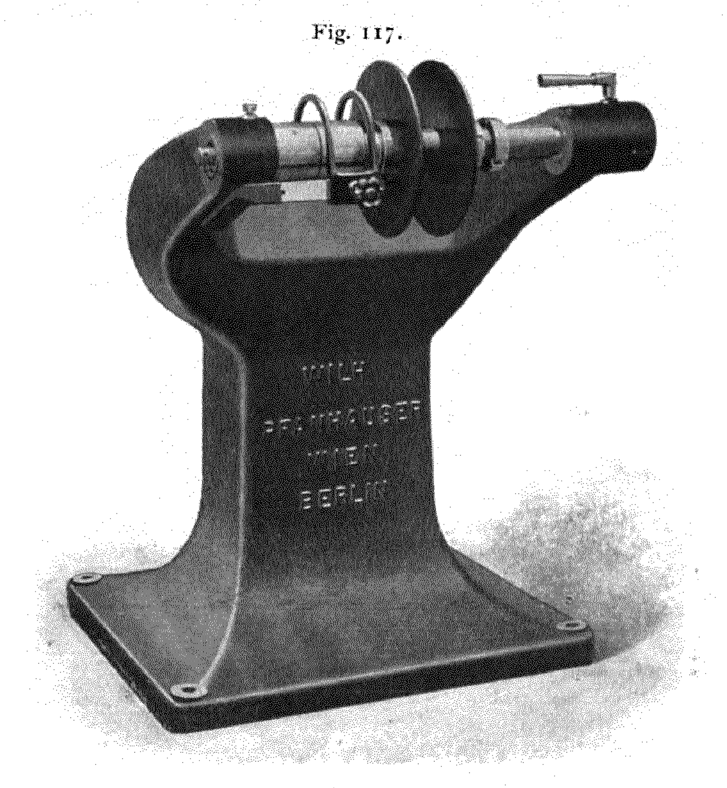
Fast ausschließlich wird zur Herstellung von Qualitätsarbeit die in Fig. 116 abgebildete Konstruktion der Langbein-Pfanhauser-Werke verwendet, die sich in jahrzehntelangem praktischen Betrieb als vorzüglich bewährt hat. Auch die Form nach Fig. 117 ist hierzu sehr geeignet und dem Verwendungszweck entsprechend stark gebaut. Näheres hierüber siehe Preisliste der Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G.

Das wäre die Methode des Polierens der Bleche von Hand, wie sie zumeist ausgeführt wird.

Von Friedr. Krupp, Grusonwerk, Magdeburg-Buckau, wird eine automatische Blechpoliermaschine gebaut, die nachfolgend beschrieben ist.

Diese Maschine dient zum Schleifen und Polieren von Messing-, Kupfer-, Nickel-, Zink-, Nickelzink- und anderen Metallblechen in beliebigen Stärken und Längen bis 800 mm Breite. Im wesentlichen besteht sie aus einer umlaufenden und

Fig. 117.



Poliermaschine in Kernen laufend.

gleichzeitig eine gleitende Bewegung ausführenden Polierwalze, die je nach der Art der Beschaffenheit und dem gewünschten Äußeren der zu polierenden oder zu schleifenden Metallbleche aus Tuch, Filz, Leder, Holz u. a. hergestellt ist.

Der Vorschub der Bleche erfolgt durch eine senkrecht unter der Polierwalze angeordnete und zugleich die Unterlage bildende große Hohlwalze gemeinsam mit kleineren Transportwalzen, die durch Stirnräder mit ersterer verbunden sind.

Die Durchgangsgeschwindigkeit läßt sich vermöge der leicht auswechselbaren Antriebsräder und durch die Stufenscheiben eines Zwischenvorgeleges je nach der Blechstärke und der verlangten Politur einrichten und beträgt bei ununterbrochener Arbeit bis zu 90 m in der Stunde.

Um mit der großen Vorschubwalze einen dem Grade der Politur entsprechenden Druck gegen das auf derselben liegende Blech und gegen die Polierwalze ausüben zu können, ist diese Walze in einem doppelarmigen Hebel gelagert, durch den die Druckwirkung mittelst einer Schraubenspindel — auch während des Ganges der Maschine — reguliert wird.

Sobald die Polierwalze sich in Ruhe befindet, kann man durch einen leichten Tritt auf einen Fußhebel den Druck auf das polierte Blech unmittelbar aufheben und ist dadurch in den Stand gesetzt, das Blech ohne weiteres aus der Maschine herauszuziehen, beziehungsweise ein beliebiges anderes Stück einzuführen.

Das Gewicht dieser Maschine ist zirka 20 Meterzentner. Es gibt noch eine große Anzahl von Spezialmaschinen für die speziellen Zwecke der Blechpolierung, doch verbietet es der Umfang dieses Handbuches, auf die Details der Konstruktionen einzugehen.

Mattieren der Metallwaren.

Es ist oft wünschenswert, Metallobjekte matt zu machen; es gibt z. B. ein schönes weiches Matt, welches namentlich in der Bronzewarenindustrie so schöne Effekte zeitigt. Man erreicht dies auf verschiedene Arten, und zwar auf chemischem, mechanischem und galvanoplastischem Weg.

Das Mattieren auf chemischem Weg ist im allgemeinen nur auf Messing, Kupfer und dessen Legierungen anwendbar und geschieht durch das sogenannte Mattbrennen. Andere Metalle lassen sich allerdings auch durch Beizen mattieren, wie z. B. Eisen und Stahl, doch zieht man bei diesen Metallen meist die mechanische Mattierung wegen der sichereren Arbeitsweise der chemischen Matt-Behandlung vor. Nach-

dem man die Objekte in der Vorbrenne gelbgebrannt hat, taucht man sie in eine Mattbrenne, bestehend aus:

Salpetersäure	3 kg
Schwefelsäure	2 kg
Kochsalz	15 g
Zinkvitriol	10 bis 15 g

Je mehr Zinkvitriol, desto mehr matt werden die darin eingetauchten Messingobjekte. (Vgl. auch das Kapitel »Dekapieren etc.«)

Man läßt die Gegenstände in dieser kalten Mattbrenne, kürzere oder längere Zeit, je nachdem man sie weniger oder mehr matt zu haben wünscht. Wenn man die Mattbrenne erwärmt, so ist die mattierende Wirkung eine raschere. Man wäscht, respektive spült die Objekte in mehreren Wassern tüchtig ab, sie sehen nun unschön, erdig, lehmig, glanzlos aus; man taucht sie dann in die Glanzbrenne, um den Metallschimmer zu erzielen; man nennt das »brillantieren«, darf jedoch nicht zu lange eintauchen, sonst verschwindet das Matt wieder vollständig, und der Zweck wäre verfehlt.

Nachher spült man wieder tüchtig und recht gründlich in mehreren reinen Wassern ab, bevor man die Ware in das Elektroplattierbad bringt. Das Mattbrennen erfordert Übung, um den richtigen Effekt zu erzielen.

Die Französisch-Matt-Brenne. Einen ganz wunderbaren eigentümlichen Matteffekt kann man mit einer weiter unten folgenden Vorschrift durch Mattbrennen erzielen, wenn man diese Lösung warm verwendet. Diese Mattbrenne ist auf alle Metalle anwendbar (auch Neusilber u. dgl.) und wird vorzugsweise dazu verwendet, auf Knöpfe für Militär und Marine und ähnliche Objekte den sammetfarbig glänzenden, dabei doch eigenartigen Matteffekt zu erzielen. Diese Gegenstände werden dann meist versilbert oder vergoldet evtl. nur verniert und es ist diese Mattierung geeignet, durch stellenweise Bearbeitung mit dem Stahl oder Blutstein leicht Glanz anzunehmen; dieses Nebeneinander von Matt und Glanz ist besonders effektvoll.

Die Lösung stellt man wie folgt in der Praxis dar:

1 kg **Salpetersäure** versetzt man mit
1 kg **Schwefelsäure,** fügt dem Gemisch
50 g **Chlorammon in Stücken,** ferner
50 g **Schwefelblüte** und
50 g **Glanzruß** zu.

In der Salpetersäure werden zuerst 50 g Zink gelöst, in die man die Schwefelsäure hineingießt.

Die Brenne füllt man in ein Steingutgefäß und setzt letzteres zwecks Erwärmung des Inhaltes in einen mit heißem Wasser gefüllten Eisentopf. Es braucht wohl nicht besonders erwähnt zu werden, daß man diese indirekte Erwärmung der Mattbrenne langsam bewerkstelligen muß, um ein Zerspringen des Steingutgefäßes zu vermeiden. Die Temperatur der Brenne selbst soll ca. 50° C betragen.

Allgemein gilt, daß man durch Zusatz geringer Mengen von konz. Schwefelsäure (Oleum) ein glänzenderes Matt, durch Zugabe von Salpetersäure ein stumpferes Matt erhält. Man hat es damit in der Hand, die Funktion der Mattbrenne nach Belieben zu stimmen.

Es gibt außer vorstehender Vorschrift noch verschiedene Rezepte zur Mattierung, doch ähnelt keines in der Wirkung der vorstehenden Methode. So verwendet man beispielsweise in manchen Industrien Lösungen von Chromsäure oder solche von Ferrichlorid, und der Geübte erreicht oft mit solchen Mitteln schöne Resultate.

Mattieren auf mechanischem Weg. Die einfachste Methode ist die des sogenannten Mattschlagens mittelst eigens dazu gefertigter Zirkularbürsten aus Stahl- oder Messingdraht (Mattierbürste). Selbstredend muß in diesem Fall der Draht der dazu verwendeten Bürste stets härter sein als das zu mattierende Metall; man wird also für Messing, Kupfer, Tombak, Neusilber, Silber etc. Mattierbürsten aus Stahldraht, für Britannia, Gold, Zink solche aus Messingdraht verwenden.

Die einzelnen Drahtbündel der Bürste sind bei den stärkeren Drahtsorten in Ringeln oder in Stiften frei beweglich, so daß sie während der Umdrehung der Bürste fliegen; wird

die Mattierbürste aus ganz feinem Draht gemacht wie die Goldmattierbürsten, so werden die Drähte fest eingezogen und nicht in fliegenden Bündeln verwendet.

Die Mattierbürste wird auf die Welle einer Kratzbank gesteckt, mit einer der Härte des zu mattierenden Metalles entsprechenden Tourenzahl (meist 300 bis 600 per Minute) in Tätigkeit gesetzt. Der zu mattierende Gegenstand wird trocken vorgehalten, und zwar so, daß die Spitzen der Drahtborsten schleudernd aufschlagen, nicht schleifen oder kratzen, auf diese Weise eine Unzahl kleiner Vertiefungen in die Metalloberfläche einschlagend, die das Matt bilden.

Der Charakter des erzeugten Matt ist von der Drahtstärke bedingt; starker Draht gibt grobkörniges, feiner Draht ein feinkörniges Matt, desgleichen variiert die Körnung mit der Bürste. Bei hoher Tourenzahl geht das Matt mehr in eine Art Glanzschliff über.

Zum mechanischen Mattieren gehört auch das Mattieren der Metallwaren mit Sandstrahlgebläsemaschinen, wie solche bereits beschrieben und in ihrer Wirkungsweise erklärt wurden. Je grobkörniger der dazu verwendete Sand gewählt wird, desto gröber fällt das Korn der Mattierung aus. Sehr schöne Effekte erzielt man mittelst des Sandstrahles auf Metallgegenständen durch teilweises Abblenden der dem Sandstrahl ausgesetzten Metallflächen. Man bedient sich hierzu besonderer Schablonen, die auf die zu mattierenden Gegenstände aufgelegt oder aufgeklebt werden. Bei Gegenständen aus Edelmetall wird übrigens (wohl hauptsächlich um das abgetragene Edelmetall nicht zu verstreuen) das Wassersandstrahlgebläse verwendet.

Galvanoplastisches Mattieren. Dies wird auf die Weise ausgeführt, daß man die vorher gut dekapierten Gegenstände kathodisch mit einem galvanoplastischen Kupferniederschlag bei kleiner Stromdichte versieht.

Die hiezu verwendete Lösung besteht aus:

Wasser	1 l
Kupfervitriol	150 g
Schwefelsäure	30 g

Man arbeite mit einer Stromdichte von 0,5 bis 0,8 A auf 1 qdm, was man bei mittlerer Elektrodenentfernung, das ist die Entfernung der zu überziehenden Metallgegenstände von den eingehängten Elektrolytkupferanoden, bei einer Badspannung von 0,75 bis 1 V erreicht. Sollten ausnahmsweise auch Gegenstände aus Zink, Britannia u. ä. auf diese Weise mattiert werden, so verlangt es die Natur dieser Metalle, daß sie vorher in einem cyankalischen Kupferbad (siehe daselbst) verkupfert werden und das weiche Matt, wie es nur in dem sauren Kupferbad zu erhalten ist, durch nachheriges Einhängen der verkupferten Waren in dieses geschaffen wird. Das galvanoplastisch erzeugte »Stockmatt« ist besonders effektvoll und wird diese Methode, namentlich zum Mattvergolden von Knöpfen (Knöpfe für Uniformröcke, bei Zifferblättern u. ä.), Stockgriffen etc. vielfach angewendet.

Sehr schöne Effekte erzielt man auch auf diese Weise der galvanoplastischen Mattierung, wenn man auf einer glänzenden Fläche diejenigen Teile, welche man glänzend erhalten will, abdeckt, wodurch man ganze Bilder oder Ornamente glänzend aussparen kann, die übrigen Teile galvanoplastisch mattiert, die Abdeckungsschicht dann entfernt und nun das ganze Objekt vernickelt, versilbert oder vergoldet. An Stelle des vorgenannten Kupferbades kann man auch ein brauchbares Eisenbad verwenden und ist das im Eisenbad hergestellte Matt wieder anders in seiner Wirkung und sicherlich in manchen Fällen dem Matt, wie es aus dem Kupferbad erzeugt wird, vorzuziehen.

Aussparen (Decken).

Nehmen wir an, es wäre eine Metallfläche stellenweis zu vergolden und zu versilbern, so wird man auf folgende Weise verfahren: Erst wird die ganze Metallfläche versilbert, nachher getrocknet; diejenigen Stellen, welche versilbert bleiben sollen, streicht man mit Decklack (Aussparlack) an, das heißt man deckt diese Stellen und läßt den Lack in erwärmter Luft vollständig trocknen, bis er den Eindruck des aufgedrückten Fingers nicht mehr annimmt. Die übrigen unge-

deckten Stellen werden nun vergoldet, und schließlich der Decklack mit Terpentingeist und nachträglich mit Spiritus oder noch besser mit Benzin wieder abgewaschen. Man kann auch den Decklack durch Eintauchen in konzentrierte Schwefelsäure oder Oleum (ohne Wasser zuzugeben) leicht abnehmen. Auch durch Behandlung mit kochender Ätznatronlauge unter Nachhilfe einer Bürste läßt sich der Lack wieder entfernen.

Es leuchtet ein, daß man auf diese Weise durch Decken mit dem Aussparlack beliebig viele und verschiedene Metallniederschläge auf ein und dasselbe Objekt und somit sehr schöne Effekte erzielen kann.

Alle Lacke werden von alkalischen Lösungen angegriffen und aufgelöst, und zwar um so rascher, je heißer die Lösung. Es ist dies beim Aussparen ein um so empfindlicherer Übelstand, weil das Decken mit Lack meißt eine sehr mühevolle und kostspielige Arbeit ist, wenn es sich z. B. um Herstellung von Arabesken oder sonstigen feinen Zeichnungen in verschiedenen Farben oder Metallniederschlägen handelt. Unsere Vergoldungsbäder sind aber infolge des Cyankaliumgehaltes stets alkalisch; bringt man nun solch lackgedeckte Objekte behufs Vergoldung in das Bad, so wird nach kurzer Zeit der Lack gehoben und der beabsichtigte Effekt vereitelt. Wenn auch die zum »Decken, Aussparen« bestimmten Lacke so bereitet sind, daß sie der Zerstörung durch Cyankalium möglichst widerstehen, so ist dies doch nur für eine ganz kurze Vergoldungsdauer zu verlangen, also nur eine leichte Vergoldung möglich; einer längeren Einwirkung einer alkalischen Lösung widersteht gar kein Lack!

Will man also auch auf solche mit Lack gedeckte Objekte eine solide Vergoldung erzielen, so benütze man dazu eine Warmvergoldungslösung ohne Cyankalium oder noch besser ein kaltes Vergoldungsbad ohne Cyankalium. Allerdings sind auch diese beiden Lösungen infolge Zusatz von kohlensaurem Natron alkalisch, aber dieses Produkt wirkt doch nicht so ätzend und zerstörend auf den Lack wie das Cyankalium.

Handelt es sich um das Decken großer Flächen, so erreicht man dies sehr praktisch durch Eintauchen des vorher etwas erwärmten Gegenstandes in geschmolzenes Paraffin.

Das hat den Vorteil, daß man den Paraffindeckgrund leicht wieder entfernen kann, wenn man den gedeckten Gegenstand in heißes Wasser von 40 bis 50° C taucht. Das Paraffin hebt sich in dieser Wassertemperatur gleichmäßig in seiner ganzen Fläche von dem Metallgegenstand ab, ohne zu schmelzen.

Eine dritte sehr rationelle Art des Deckens, auf flache Gegenstände anwendbar, welche in Massen in verschiedenen Farben elektroplattiert oder oxydiert werden sollen, ist folgende: Man druckt das zu deckende Muster auf irgend eine Art mit Buchdruckfarbe auf; bei großen Flächen, z. B. auf Blech, geschieht dies auf lithographischem Weg, bei kleineren Gegenständen mit Kautschukformen oder auch mittelst Schablonen durch Überwalzen mit einer elastischen mit der Buchdruckfarbe imprägnierten Walze. Solange die Farbe noch naß ist, streut man fein pulverisierten Asphalt oder auch Kolophonium darauf, welche auf der feuchten Farbe haften, während sie sich von den nichtbedruckten Stellen wegblasen oder abschütteln lassen.

Erwärmt man diese Gegenstände recht vorsichtig und sanft, so schmilzt der Asphalt oder das Kolophonium und bildet so eine fest haftende und gut deckende Schichte der bedruckten Fläche, während die unbedruckte blank bleibt, die man dann vorsichtig durch sanftes Abbürsten mit Weinsteinwasser reinigt und mit dem gewünschten Niederschlag versieht. Der Deckgrund ist durch Einlegen in Spiritus, Benzin, Terpentingeist oder in kochende Ätznatronlauge leicht wieder abzunehmen.

Bestimmung der Größe des Elektroplattierbades.

Um die Größe des Bades zu bestimmen, richtet man sich nach dem größten zu elektroplattierenden Gegenstand und nach der Anzahl der Gegenstände, die man jeweilig gleichzeitig in das Bad einhängen will.

Zum Einhängen der Gegenstände und Anoden in das Bad dienen Stangen aus Kupfer oder Messing, und zwar wird immer eine Reihe Ware zwischen zwei Anodenreihen angeordnet. Als erforderliche Entfernung zwischen Anoden und

Waren rechne man bei glatten oder kleineren Gegenständen 12 bis 15 cm, bei voluminösen eine entsprechend größere Entfernung. Ist man sich darüber klar, wie viel Warenreihen man einhängen will und wie viel Objekte in einer Reihe, so ist es leicht, die Länge und Breite des Bades festzustellen.

Bei Bestimmung der Tiefe kommt zunächst die vertikale Höhe der in das Bad zu hängenden Waren in Betracht; dazu rechnet man bei ganz kleinen Bädern mindestens 5 cm Abstand vom Boden, bei größeren Bädern 10 bis 20 cm, um den in den Lösungen meist vorhandenen Bodensatz während des Elektroplattierens nicht aufzuwühlen; man berücksichtigt ferner, daß die eingehängten Gegenstände 5 bis 10 cm von der Lösung bedeckt sein müssen, einen entsprechenden Raum muß die Wanne leer bleiben, und zwar je nach der Größe, bei kleineren Bädern doch mindestens 3 bis 5 cm, bei größern entsprechend mehr, weil durch das Einhängen der Waren die Badoberfläche steigt. Allerdings gibt es Fälle, wo man genötigt ist, mit der Streuung der Stromlinien zu rechnen, z. B. bei Herstellung dickerer Niederschläge in der Galvanoplastik und dann gelten wieder ganz andere Gesichtspunkte.

Wären z. B. Lampenkörper mit einem Durchmesser von 20 cm zu elektroplattieren und sollen jeweilig 20 Stück derselben in das Bad eingehängt werden, so würde man diese 20 Lampenkörper in vier Reihen einhängen, also fünf Stück in jeder Reihe, und müßte in Anbetracht des namhaften Volumens der Lampenkörper eine Entfernung von den äußersten Punkten der Warenoberfläche von 20 cm annehmen. Der Abstand vom Boden betrage für dieses ziemlich große Bad 15 cm, 10 cm hängen die Gegenstände unter die Badoberfläche, und 15 cm soll man die Wanne vor dem Beschicken des Bades leer lassen, damit beim Einhängen dieser 20 voluminösen Körper für das Steigen der Flüssigkeitsoberfläche Raum bleibt.

Es ergeben sich daraus folgende Wannendimensionen:

4 Reihen mit Lampenkörpern a 20 cm Durchmesser	=	80 cm
8 Zwischenräume zwischen Anoden und Wasser a 20 cm Durchmesser	=	160 „
Länge der Wanne	=	240 cm

Die Breite der Wanne ergibt sich aus der Aneinanderreihung von 5 Lampenkörpern a 20 cm . . =	100 cm
6 Zwischenräume zwischen den einzelnen Objekten und den Wannenwänden reichlich mit je 10 cm angenommen, um dem Strom die Möglichkeit zu geben, auch an den gegeneinander hängenden Warenpartien eine nennenswerte Metallauflage zu veranlassen . . . . =	60 „
Breite der Wanne . . . . . . =	160 cm

Die Tiefe der Wanne:

Durchmesser der Lampenkörper . . . . =	20 cm
Abstand der Objekte vom Boden der Wanne . . =	15 „
eingehängt unter die Badoberfläche . . . . =	10 „
von der Badoberfläche bis zum Wannenrand leer gelassen . . . . =	15 „
Tiefe der Wanne . . . . =	60 cm

Um den Badinhalt in Litern zu bestimmen, multipliziert man Länge, Breite und Tiefe des Bades (nicht der Wanne) in Zentimetern, dividiert durch 1000; wir haben demnach im obigen Beispiel das Bad 240 cm lang, 160 cm breit und 45 cm tief, der Badinhalt beträgt demnach:

$$\frac{240 \times 160 \times 45}{1000} = 1728 \text{ l}$$

Wahl der Wanne für das Elektroplattierbad. Die zweckmäßigste Form der Wannen für unsere Elektroplattierbäder ist die länglich-viereckige; nur in ganz ausnahmsweisen Fällen, wenn besonders große, runde Gegenstände zu elektroplattieren sind, von denen nur immer ein Stück in das Bad eingehängt wird, z. B. ein großer, runder Lüster, Kessel u. ä., wählt man ein rundes Gefäß von entsprechend großem Durchmesser.

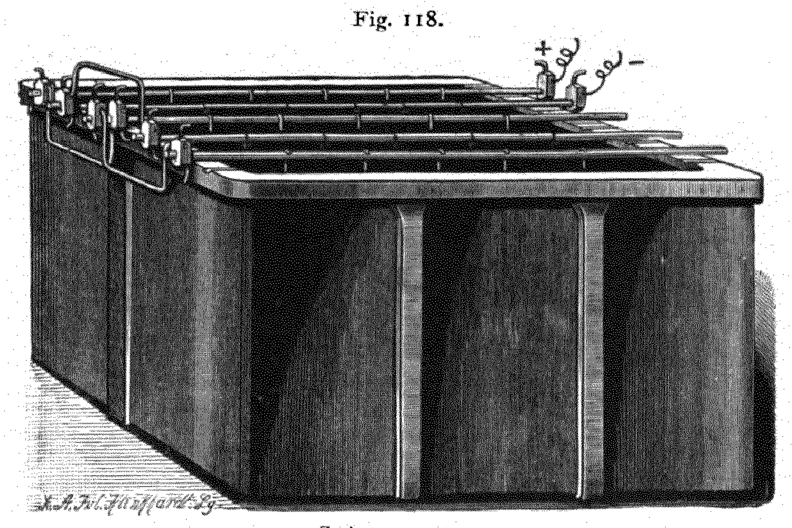
Das Material der Wannen ist sehr verschieden. Für Bäder bis zu etwa 250 l und für kalte Lösungen aller Art verwendet man mit Vorliebe Wannen aus glasiertem Steinzeug (Fig. 118), es sei jedoch bemerkt, daß diese Wannen eine Erwärmung nicht vertragen, wenigstens keine plötzliche.

Für größere neutrale oder alkalische kalte Bäder wählt man Wannen aus dicken Lärchbaumholzpfosten bzw. Pitchpineholzpfosten mit Eisenverschraubung (Figur 119).

Lärchbaumholz oder Pitchpineholz ist von allen Holzgattungen deshalb für unsere Lösungen das geeignetste, weil es harzig, am wenigsten durchlässig, dauerhaft ist und am wenigsten den Metallösungen gefährliche lösliche Substanz enthält.

Für große, insbesondere saure Bäder empfiehlt es sich, Holzwannen zu verwenden mit Blei ausgelegt, die Nähte mittelst Knallgasgebläse mit Blei gelötet, nur muß man dabei beachten, daß die stromleitenden Bleiwände nicht einen

Fig. 118.



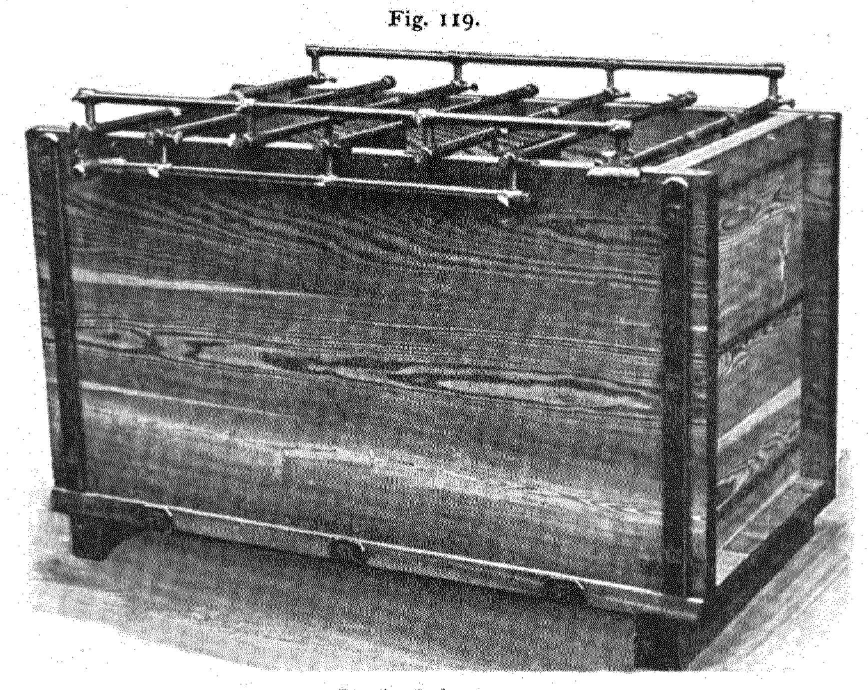
Steinzeugwanne.

Kurzschluß, das heißt eine Verbindung zwischen Anoden- und Warenleitung verursachen, wodurch der elektrolytische Prozeß gestört würde; es ist darauf zu sehen, daß diese beiden Leitungen isolierend getrennt bleiben.

Bei Aufstellung aller Wannen ist es sehr wichtig, dafür zu sorgen, daß sie satt am Boden aufliegen, weil sie unter dem bei größeren Bädern ganz bedeutenden Druck des Badinhaltes leicht springen, bzw. verzogen werden und rinnen. Wannen, welche ohne Auskleidung verwendet werden, sind vor dem Gebrauch mit reinem, womöglich mit heißem Wasser

zu füllen, damit das Holz quillt und die Fugstellen wirklich dicht wurden. Andernfalls müßte dies die eingefügte Lösung besorgen, wobei natürlich bis zur erfolgten Quellung ein Quantum Lösung verloren gehen würde. Zudem würden sich stets etwas Salze in den Fugen festsetzen, wodurch das vollständige Abdichten erschwert wird, und es darf daher nicht wundernehmen, wenn solcherart behandelte Wannen lecken.

Fig. 119.



Lärchenholzwanne.

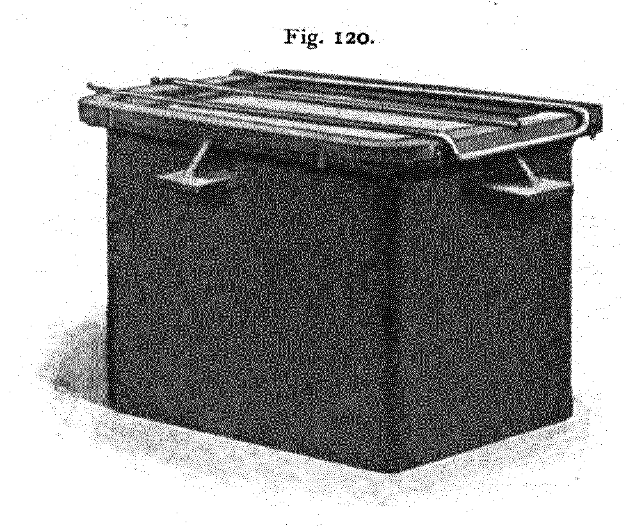
Für besonders große Bäder pflegt man die Behälter aus Zementmauerwerk mit gut geglättetem Zementverputz herzustellen.

Für warme Lösungen sind sowohl die Holzwannen als auch die mit Blei ausgelegten oder in Zementmauerwerk ausgeführten Behälter zu verwenden, wenn man die Erwärmung mittelst durch das Bad geführter Heizschlangen aus Blei bewerkstelligt; für kleinere warme Elektroplattierbäder verwende man emaillierte Eisenwannen, die entweder mit Gas geheizt werden oder durch Herdfeuerung, in welchem Fall man sie

zweckmäßig mit versteifenden Tragrippen versehen in den Heizherd einmauert, siehe Figur 120. Große Bäder, die warm verwendet werden sollen, kann man auch aus Kesselblech herstellen, eventuell die Innenwand mit Bleiblech ausgelegt.

Leitungsmontierung der Bäderwannen. Um die in ein Elektroplattierbad einzuhängenden Waren und Anoden mit der Stromquelle zu verbinden, sind über den Rand der Bäderwannen passende Zuleitungsvorrichtungen für den elektrischen Strom anzubringen, die wir allgemein als Leitungsmontierungen der Bäderwannen bezeichnen.

Fig. 120.



Emaillierte Gußeisenwanne.

Die Festigkeit, also auch die Dimensionen, die Konstruktion und Anordnung der Leitungsmontierung wird sich stets nach dem Gewicht und nach der Gestalt und Größe der zu elektroplattierenden Gegenstände und nach der Art der Beschickung eines Bades richten müssen.

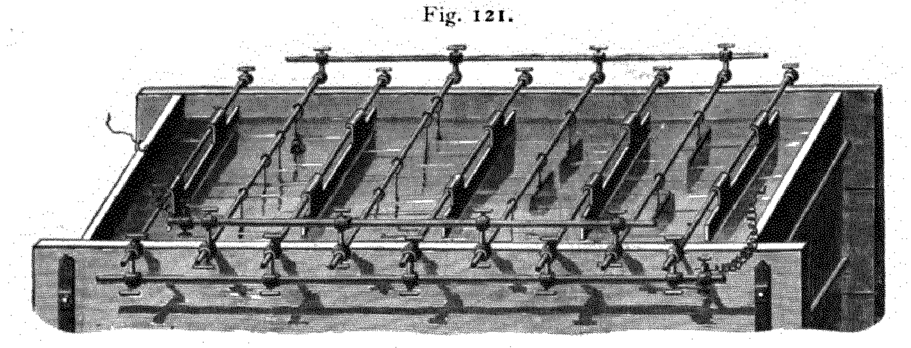
Wir verwenden für die Stromzuleitung quer oder längs über die Bäder gelegte Hartkupferstangen, verbinden alle Anoden- und ebenso alle Warenstangen miteinander und schalten das so fertig montierte Bad an die Hauptleitung an.

Die Verbindung der Warenstangen einerseits und der Anodenstangen anderseits bewerkstelligt man mittelst soge-

nannter Stangenverbindungsklemmen und kupfernen Querstangen, wie Figur 121 veranschaulicht.

Diese Art der Verbindung ist sehr praktisch insofern, weil leicht auseinanderzunehmen, wenn man Veränderungen in der Elektrodenentfernung vornehmen will, hat aber den Nachteil, daß bei großen Bädern mit großen Warenflächen und großem Strombedarf es leicht vorkommen kann, daß infolge ungenügender Kontakte in den Klemmenlöchern nicht genügend Strom zirkulieren kann und die im Bad zu elektroplattierenden Waren oder Anoden, selbst wenn der Voltmesser die vorgeschriebene Badspannung anzeigen sollte, zu wenig Strom erhalten würden. Es ist daher praktischer für Bäder,

Fig. 121.



Leitungsmontierung der Bäderwanne mit Stangenverbindungsklemmen.

in denen nur mit zwei Anoden- und einer Warenreihe gearbeitet wird, die zwei Anodenstangen aus einem Stück zu machen, seitlich gekröpft, wie Figur 122 zeigt.

Diese Art der Montierung ist allerdings nur dann verwendbar, wenn es sich um eine bestimmte unveränderliche Elektrodenentfernung handelt.

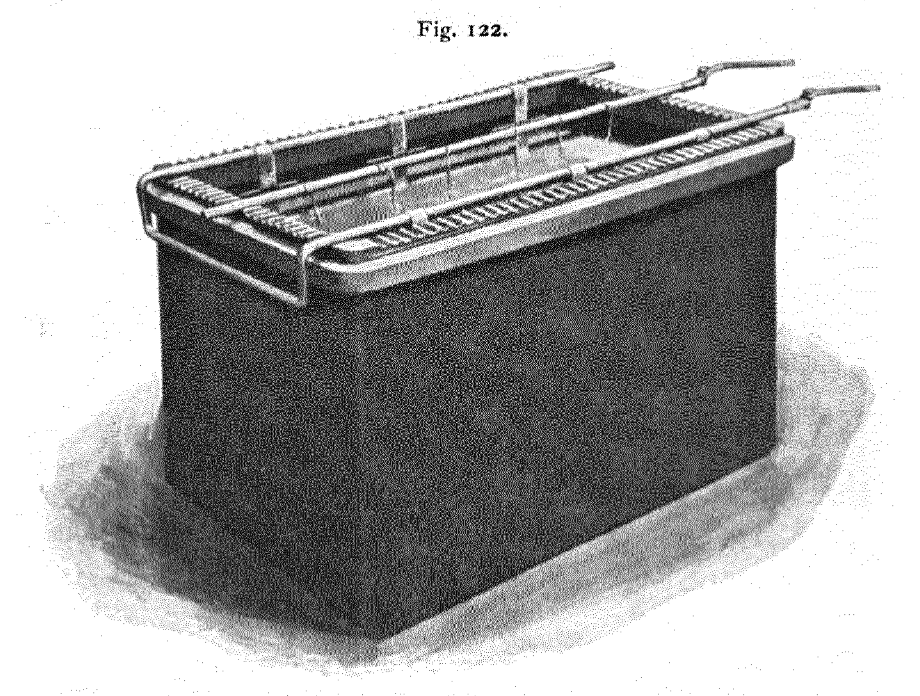
Wird die Elektrodenentfernung veränderlich gewünscht (wenn »abwechselnd« sehr große voluminöse Körper und kleine oder flache Gegenstände zur Elektroplattierung kommen), so muß auch die Leitungsmontierung der Wanne leicht veränderlich sein.

In diesem Fall kann man auch so verfahren, daß die Waren- und Anodenstangen je auf einer kupfernen Quer-

schiene flach und satt aufliegen, also durch die eine Querschiene sämtliche Warenstangen, durch die andere alle Anodenstangen leitend miteinander verbunden sind, selbstverständlich die Waren- und Anodenleitung voneinander leitend getrennt (isoliert). In Figur 123 ist diese Art der Leitungsmontierung ersichtlich.

Diese Leitungsmontierung ist wohl die einfachste und bequemste für veränderliche Elektrodenentfernung, nur muß

Fig. 122.



Leitungsmontierung der Bäderwanne mit zwei Anoden und einer Warenstange.

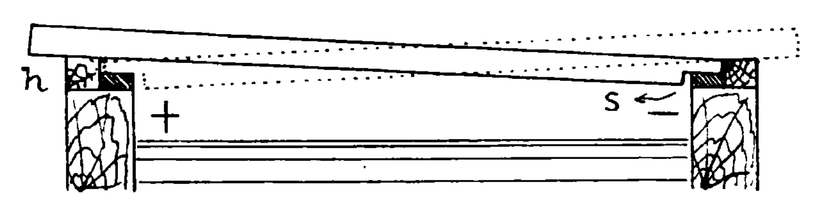
darauf geachtet werden, daß stets genügender Leitungskontakt an den Stellen vorhanden ist, wo die Waren- und Anodenstangen auf den querlaufenden Kontaktschienen aufliegen. Die Auflagflächen müssen also vor allem stets metallblank rein sein, flach und satt aufliegend und genügend groß, damit der erforderliche Strom zirkulieren kann (1 qmm per 1 A zirkulierender Stromstärke).

Die zum Aufhängen der Waren und Anoden dienenden Kupferstangen werden meist rund gewählt, des möglichst

vollkommenen Kontaktes wegen, da der Einhängedraht der Waren um diese Stangen gewickelt wird und auch die Metallbänder der Anoden rund gebogen darauf gehängt werden. Für billige Einrichtungen kann man auch Messingstangen oder Kupfer- bzw. Messingrohre mit Eisenkern verwenden. Verfasser rät aber entschieden zur Verwendung massiver Kupferstangen, denn diese behalten ihren Wert und gewährleisten eine gleichmäßige Stromverteilung auf den an selbst langen Kathodenstangen hängenden Waren.

Daß die + Leitung der Anoden und die — Leitung der Waren streng voneinander getrennt (isoliert) sein müssen, sich nirgend berühren dürfen, ist selbstverständlich, sonst würde der Strom außerhalb des Bades zirkulieren, im Bad

Fig. 123.



Leitungsmontierung der Bäderwanne für veränderliche Elektrodenentfernung.

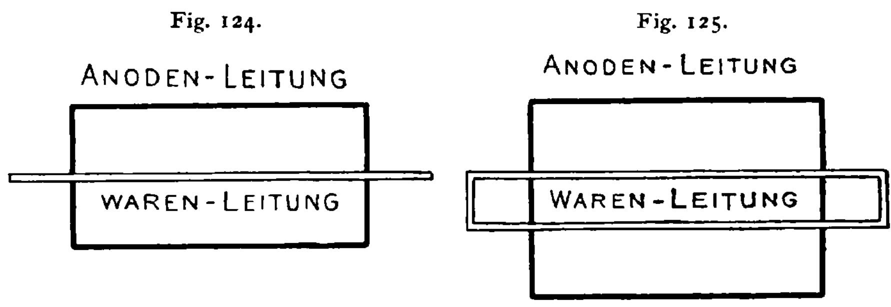
keiner, demnach auch kein Niederschlag erzielt werden. Obwohl selbstverständlich, sei doch aufmerksam gemacht, daß ein gewissenhafter Elektroplattierer jedesmal vor Beginn der Arbeit die Leitungsmontierung der Bäderwannen mit Schmirgelleinen blank putzt, um die ungestörte Stromzirkalation zu sichern.

Die Verbindung der Waren- und Anodenleitung der Bäder mit der Stromquelle wird je nach der zirkulierenden Stromstärke mit Kupferdraht oder Kupferkabel vermittelt, und zwar hat man bei der Wahl deren Dimension für je 1 A zirkulierender Stromstärke einen Leitungsquerschnitt von 1 qmm zu rechnen. Auch diese Verbindungen müssen vollkommen metallblank und mit verläßlichem Kontakt ausgeführt werden, um Stromverlust zu vermeiden.

Anordnung der Anoden und Waren im Bad. Wie man Anoden und Waren im Bad anordnet, ist von der Form der

zu elektroplattierenden Gegenstände und der Art und Weise abhängig, wie die Elektroplattierung ausgeführt werden soll.

Betreffs der Form der Ware ist zu berücksichtigen, ob diese flach oder voluminös, ob es kleine Gegenstände oder solche von größeren Dimensionen sind; danach richtet sich nicht nur die Elektrodenentfernung (das ist der Abstand der Anoden von der Ware im Bad), sondern auch die Zahl der Warenreihen, die man zwischen zwei Anodenreihen einhängen kann. Was die Art der Plattierung anbelangt, so haben wir zwischen starker und schwacher Elektroplattierung zu unter-



1 Warenreihe zwischen 2 Anodenreihen. 2 Warenreihen zwischen 2 Anodenreihen.

scheiden, ferner den Umstand in Betracht zu ziehen, ob ein- oder allseitig ein elektrolytischer Metallniederschlag gewünscht wird.

Für die Elektroplattierung von Metallgegenständen, falls sie allseitig stattfinden soll, wird man nur eine Warenreihe zwischen zwei Anodenreihen anordnen, siehe Figur 124; eine Ausnahme hiervon kann bloß bei einer leichten Elektroplattierung ganz kleiner Objekte gemacht werden, die man in zwei Reihen zwischen zwei Anodenreihen in das Bad hängen kann (Fig. 125).

Bei Bädern bis zu 1 m Länge pflegt man Anoden und Waren der Länge nach einzuhängen, also die Anoden und Warenstangen auf die beiden schmalen Wände aufzulegen, wie aus Figur 122 ersichtlich ist.

Bei längeren Bädern ist dies nicht mehr gut durchführbar, weil sich die Stangen, wenn sie auch noch so dick wären, schon durch ihr eigenes Gewicht und erst recht unter der

Last der darauf hängenden Waren biegen würden; in diesem Fall macht man diese Anordnung über quer, falls die Gegenstände dies zulassen, siehe Figur 119 und 121. Will man dennoch die Stangen der Länge nach anbringen, so muß man für eine passende und starke Unterstützung an einem oder mehreren Punkten sorgen, was beispielsweise durch Eisenschienen erreicht werden kann, die mit Holz überdeckt sind.

Von Einfluß auf die Anordnung der Anoden und Waren im Bad ist die Art, wie ein Gegenstand elektroplattiert werden soll. Wenn z. B. eine Tasse auf beiden Seiten gleich stark versilbert werden soll, so darf nur eine Reihe Tassen zwischen zwei Anodenreihen eingehängt werden; will man aber nur eine Seite stark versilbern, so kann man zwei Reihen solcher Tassen zwischen zwei Anodenreihen hängen, muß aber selbstredend die stark zu plattierenden Flächen nach außen hängen und den Anoden zukehren. Soll überhaupt nur eine Seite eines Gegenstandes einen elektrolytischen Niederschlag erhalten, wie die graphitierten Matrizen in der Galvanoplastik, so hängt man eine Anodenreihe zwischen zwei Warenreihen, die Anode wird dann auf beiden Seiten gelöst, daher selbstredend rascher aufgebraucht, als wenn sie nur gegen eine Seite wirkt.

Daß eine gleichmäßig solide Elektroplattierung nicht stattfinden kann, wenn zwei Reihen Waren zwischen zwei Anodenreihen eingehängt sind, ist leicht verständlich, weil immer die den Anoden zugekehrte Seite der Objekte stärker elektroplattiert wird als die entgegengesetzte von der zweiten Warenreihe gedeckte Fläche.

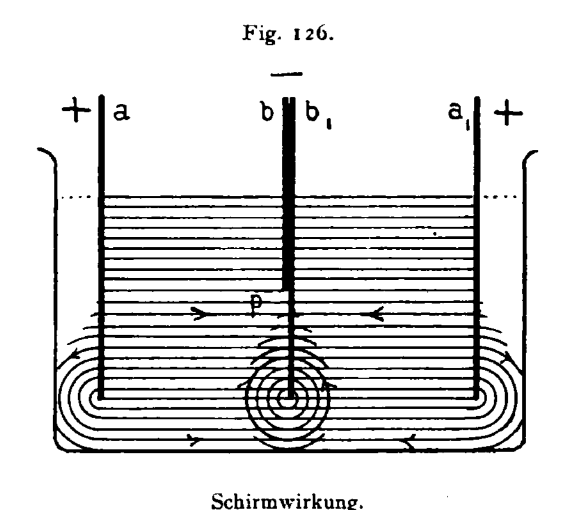
Aus demselben Grunde sind die Gegenstände tunlichst von den Anoden überall gleichweit entfernt zu hängen, weil der elektrische Strom sich den Weg sucht, der ihm den geringsten Widerstand entgegensetzt. Man hat daher behufs gleichmäßiger Elektroplattierung die Ware zwischen den beiden Anodenreihen genau in die Mitte einzuhängen, das heißt die Abstände zwischen Ware und Anoden tunlichst überall gleichgroß zu halten.

Im Kapitel Stromdichte, Badspannung und Polarisation haben wir bereits von der Art des Stromüberganges in Form

von Stromlinien gesprochen, ebenso die Wirkung der sogenannten »Stromlinienstreuung« kennen gelernt. Verfasser macht hier noch auf eine Erscheinung aufmerksam, die als »Schirmwirkung« bezeichnet wird und die aus nachfolgender Auseinandersetzung klar werden dürfte.

In der in Figur 126 gezeichneten Darstellung bedeuten a und a_1 zwei Anodenplatten, b und b_1 zwei zum Elektroplattieren eingehängte Bleche. Der elektrische Strom geht in der durch die beiden Pfeile angedeuteten Richtung von den Anoden zu den Blechen, an letzteren das betreffende

Fig. 126.



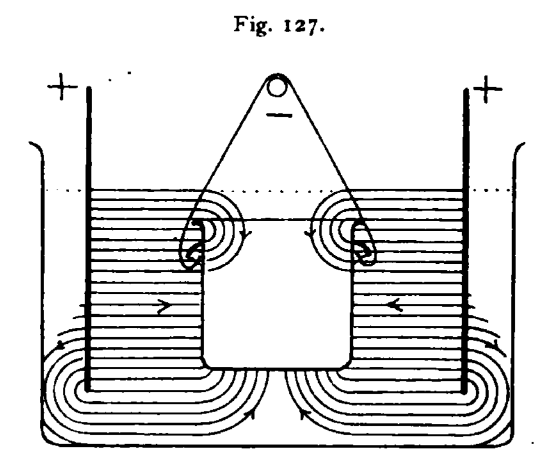
Schirmwirkung.

Metall ausscheidend. Das Blech b_1 aber wird nur bis zum Punkt p auf der der Anode a zugekehrten Seite einen Niederschlag erhalten, weil das Blech b schirmartig die Stromlinien, die von a kommen, auffängt. Ebenso wird das Blech b auf der der Anode a_1 zugekehrten Seite keinen Niederschlag erhalten können, weil diese Seite gänzlich von dem Blech b_1 gedeckt ist. Von dieser Erscheinung macht man praktischen Gebrauch, wenn es sich um einseitige Elektroplattierung von Blechen u. dgl. handelt; diese werden dann einfach mit den unplattiert bleibenden Rückseiten anliegend paarweise eingehängt.

Beim Elektroplattieren hohler Gegenstände hat man die »Schirmwirkung« ebenfalls zu berücksichtigen. Sollen z. B

einseitig geschlossene Gefäße (Kochgeschirre, Becher u. ä.) auch innen elektroplattiert werden und man würde diese in der in Figur 127 gezeichneten Weise einhängen, so ist klar, daß die inneren Flächen gar nicht oder nur teilweise (höchstens der obere Rand) innen elektroplattiert werden, weil die Stromlinien durch die Wandungen größtenteils aufgefangen werden. Solche Objekte wird man also, um einen einigermaßen gleichmäßigen Niederschlag auch an den Innenflächen zu erzielen, so einhängen, daß die Öffnung einer Anodenfläche parallel zugekehrt ist, wenn man nicht den Ausweg

Fig. 127.



Elektroplattieren einseitig geschlossener hohler Gegenstände.

einschlagen will, in den inneren Hohlraum auch eine Anode einzuhängen, was aber jedenfalls umständlich, für kleinere Gegenstände unrationell, bei größeren Gegenständen solcher Art dagegen unerläßlich ist.

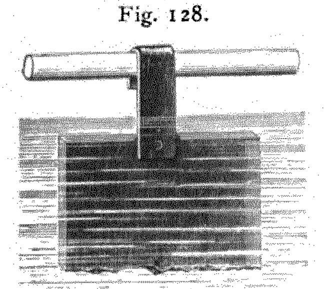
Die oben angeführten Anordnungen von Anoden und Waren können nur auf flache oder nicht gar zu große voluminöse Gegenstände bezogen werden; handelt es sich darum, abnorm große Objekte wie große Lüster u. ä. zu elektroplattieren, die man nicht zulegen kann, so muß die Anordnung der Anoden dem zu elektroplattierenden Gegenstand gemäß erfolgen, man wird eventuell die Anoden kreisförmig anordnen, um alle Teile des Objektes gleichmäßig zu überziehen, bei sehr großen

hohlen Gegenständen, z. B. Kesseln, Töpfen u. ä., wird man Anoden in den Hohlraum hängen, diese letzteren nennt man dann Innenanoden.

Einhängen der Anoden. Man wird die Anoden, deren Gesamtfläche im Verhältnis zur Warenfläche später bei den verschiedenen Bädern stets vorgeschrieben werden wird, so einhängen, daß die Objekte, welche elektroplattiert werden sollen, auf allen Seiten möglichst gleichmäßig von den Stromlinien getroffen werden, wodurch ein gleichmäßiger Niederschlag erhalten werden muß.

Das Einhängen der Anoden geschieht oftmals noch mittels Draht; es ist dies aber schlecht, weil die Berührungsfläche zwischen dem Draht und der Anodenstange so klein ist, daß sich dadurch die Stromwirkung vermindert, da der Widerstand vergrößert wird und auch sehr leicht eine Unterbrechung des Stromes entstehen kann, wenn, was in der Praxis leicht vorkommt, die Anodenstangen mit dem Bad bespritzt werden, wodurch die Salze zwischen Stange und Anodenaufhängedraht ankristallisieren und schlechten Kontakt verursachen.

Fig. 128.



Einhängen der Anoden mit umgebogenen Streifen aus Anodenmetall.

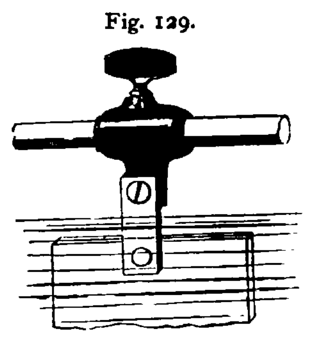
Es empfiehlt sich, zum Einhängen der Anoden breite Metallstreifen aus dem gleichen Metall der Anoden zu verwenden, welche zum Aufhängen auf die Anodenstangen oben umgebogen werden, Figur 128. Diese Streifen werden mittelst Nieten (gleichfalls aus dem Metall der Anoden) angenietet. Diese Aufhängvorrichtung sichert schon einen besseren Kontakt, nur muß man darauf achten, daß deren Innenfläche, mit der sie auf der Anodenstange anliegt, stets blank rein sei, ebenso die Stange an der Berührungsstelle, damit der Strom ungehindert zirkulieren könne.

Anodenklemmen aus Messing, welche an die Anoden angeschraubt, auf die Leitungsstangen gesteckt und darauf festgeschraubt werden, sichern den Kontakt natürlich sehr gut, haben aber den Nachteil, daß sie ein Hindernis sind, die

Anoden rasch aus dem Bad zu nehmen, was oft erwünscht ist, sie werden daher nur dort verwendet, wo eine lang anhaltende Elektrolysierarbeit vorgenommen wird, die also nur selten, und zwar erst nach vielen Stunden unterbrochen wird.

Bei Verwendung der Anodenklemmen achte man darauf, daß diese nicht etwa mit dem unteren Teil, wo die Anoden angeschraubt sind, in das Bad eintauchen, was namentlich in dem Fall leicht geschehen kann, wenn große voluminöse Körper in das Bad eingehängt werden und die Badoberfläche (Niveau) infolgedessen steigt; denn würden die Klemmen vom Bade berührt, so würden sie das Schicksal der Anoden teilen, ebenso wie diese aufgelöst und es würde das Bad mit Messing verunreinigt werden, was z. B. bei Nickelbädern einem Verderben des Bades gleichbedeutend wäre.

Fig. 129.



Anodenklemmen.

Es ist zweckmäßig, die Anoden nicht vollständig in das Bad unterzutauchen, sondern so einzuhängen, daß der obere Teil derselben immer einige Zentimeter außerhalb des Bades bleibe. Beim Einhängen der Anoden mittelst Metallstreifen, wenn die Anoden vollständig untertauchen, zeigt sich der Übelstand, daß die Einhängestreifen vom Strom abgefressen werden und die Anoden in die Bäder fallen. Da diese Einhängestreifen durch den Auflösungsprozeß weich und mürbe werden, sind sie dann gewöhnlich nicht mehr brauchbar, weil sie zerbröckeln und zerfallen. Läßt man dagegen den oberen Teil der Anoden über den Flüssigkeitsspiegel herausragen, so kommt dieser Fall nicht vor, sondern die Anoden können dann ruhig hängen bleiben, bis sie vollständig abgenützt sind. Der außerhalb des Bades gewesene kleine Streifen bleibt allerdings als kleiner Abfall, ist aber kein nennenswerter Verlust, weil ja das Metall als solches immer wieder verwertbar ist.

Da es beim Herausnehmen der elektroplattierten Objekte aus dem Bad unvermeidlich ist, daß die Leitungsstangen mit

der Lösung bespritzt werden, was ein Ansetzen von Kristallen verursacht, so ist es recht zweckmäßig, um den Anoden den erforderlich guten Leitungskontakt mit den Kupferstangen zu sichern, diese mit Holz oder Blei zu überdachen, um sie gegen das Bespritzen zu schützen.

Einhängen der zu elektroplattierenden Waren. Um einen tadellosen Niederschlag zu erzielen, ist nebst richtig geregelten Stromverhältnissen und richtiger Badtemperatur der innige Kontakt zwischen der äußeren Stromzuleitung und den im Bad hängenden Objekten eine nennenswerte Bedingung.

Das Einhängen der Waren in das Elektroplattierbad geschieht meist mittelst Kupfer- oder Messingdraht, und zwar von solcher Stärke, daß die für das betreffende Objekt nötige Stromstärke ($^1/_2$ bis 1 qmm Leitungsquerschnitt per 1 A) zirkulieren kann. Das Objekt wird auf einem oder wenn nötig auf zwei Drähten aufgebunden auf die Warenstange gehängt, wie Figur 130 veranschaulicht.

Beim Aufbinden der Gegenstände auf Draht ist dieser so anzubringen, daß ein inniger Leitungskontakt besteht. Begreiflicherweise wird sich an den Stellen, wo der Einhängdraht am Objekt fest anliegt, kein Niederschlag ansetzen können; man ändert daher während des Elektroplattierens öfter die Lage des Drahtes, um ein gleichmäßiges Elektroplattieren auch dieser Kontaktstellen zu ermöglichen, oder befestigt ihn an solchen, natürlich metallblanken Stellen, wo es nicht schadet, wenn der Niederschlag fehlt.

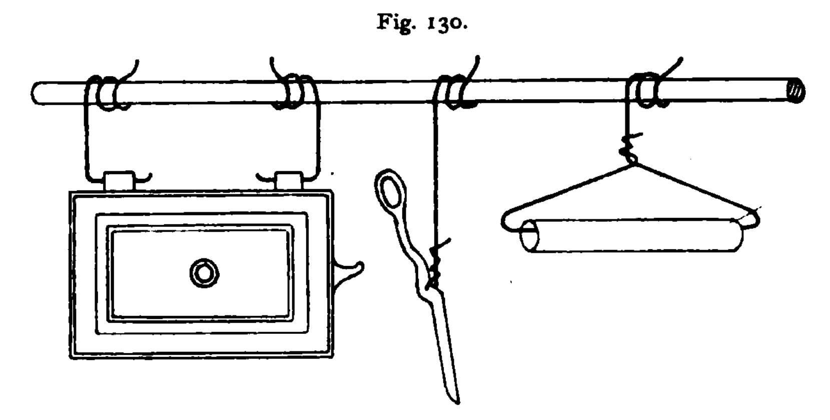
Die Stelle auf der Warenstange, wo man den Einhängdraht herumwickelt und befestigt, pflegt man gewohnheitsmäßig mit dem Draht selbst nach dem Aufhängen abzureiben, um etwaige Unreinheit dadurch zu entfernen und einen guten, innigen Kontakt zu sichern.

Selbstverständlich muß man stets darauf achten, daß nirgends zwischen Anoden- und Warenleitung eine metallische Verbindung stattfinde, also weder die beiden Leitungsdrähte der Stromquelle sich irgendwo berühren, noch zwischen der Waren- und Anodenleitung außen oder im Bade eine Berührung oder Verbindung vorkomme. Es geschieht z. B. sehr

oft, daß ein zu langer Einhängdraht der Ware die Anodenstange berührt, oder im Bad ein Objekt an einer Anode anliegt. Das wäre ein sogenannter »Kurzschluß«, eine Störung im Elektroplattierprozeß!

Gar nicht unwesentlich ist es, die zu elektroplattierenden Gegenstände gleich beim Einhängen in das Bad mit der Stromleitung in Verbindung zu setzen, so daß sie nicht etwa einige Zeit ohne Strom im Bade hängen! Namentlich beim Elektroplattieren von Zink und anderer Weichmetalle ist dies sehr

Fig. 130.



Einhängen der Waren in das Elektroplattierbad.

zu beachten, weil diese Metalle von den Lösungen leicht angegriffen werden und der elektrolytische Niederschlag dann schlecht haftet.

Man mache sich zur Gewohnheit, den Gegenstand im Moment des Einhängens auch gleichzeitig mit der Warenleitung zu verbinden, etwas zu bewegen oder im Bad zu schütteln, um etwa anhaftende Gasblasen zu entfernen.

Ebenso mache man sich zur Gewohnheit, die im Bad hängenden Waren während des Elektroplattierens so oft als möglich zu schütteln, zu wenden, große, tief reichende, voluminöse Gegenstände oder Platten ganz umzudrehen, von unten nach oben, damit der Niederschlag an allen Punkten gleich stark werde. Das fleißige Schütteln der im Bad hängenden Objekte hat nebst Entfernung der sich anlegenden Gasblasen (Wasserstoff) auch noch den Vorteil, daß durch

die dabei entstehende Bewegung des Bades die den Kathoden anliegenden Flüssigkeitsschichten, welche begreiflicherweise zunächst ihres Metallgehaltes beraubt wurden, durch neue Lösungsschichten ersetzt werden; es ersetzt diese Manipulation bis zu gewissem Grade die Bewegung des Bades durch besondere Rührvorrichtungen.

Die Entfernung zwischen Waren und Anoden, was wir »Elektrodenentfernung« nennen, sei normal 15 cm für flache Objekte ohne wesentliche Erhöhungen oder Vertiefungen; in Ausnahmsfällen kann sie bei solchen sogar bis auf 5 cm verringert werden bei gleichzeitig entsprechender Verringerung der Badspannung, sofern es der Gegenstand zuläßt oder eine Regelung des Abstandes zwischen Waren und Anoden durch geeignete Einrichtungen erreicht wird.

Voluminöse Gegenstände oder solche mit bedeutenden Erhöhungen oder Vertiefungen muß man weiter von den Anoden entfernen, damit der Niederschlag an allen Stellen der Oberfläche möglichst gleichzeitig und gleichmäßig erfolge; man macht den Zwischenraum so groß, daß das äußerste Ende des Gegenstandes noch mindestens um den Durchmesser (Volumenbreite) desselben von den Anoden entfernt bleibt.

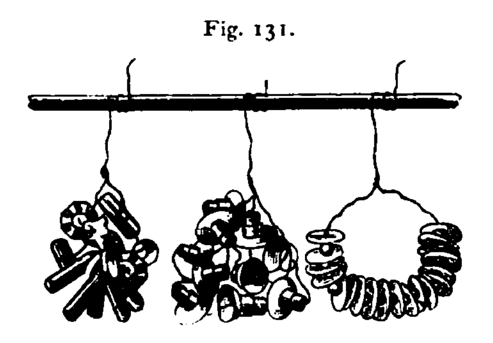
Hat man z. B. einen kugelförmigen Körper von 20 cm Durchmesser zu elektroplattieren, so müßte von dem den Anoden zugekehrten Ende des Körpers bis zu den Anoden im Bad eine Entfernung von wenigstens 20 cm eingehalten werden, die Warenstange von den Anodenstangen demnach einen Abstand von 20 + 10 (Halbmesser des Körpers) = 30 cm haben, es ergibt sich somit eine Elektrodenentfernung (die Entfernung der + und — Stange über dem Bade!) von 30 cm. Daß in solchen Fällen der Vergrößerung der Elektrodenentfernung über die normale (15 cm) auch die Badspannung entsprechend erhöht werden muß, um die vorgeschriebene Stromdichte zu erzielen, wurde im theoretischen Teil bereits besprochen.

In den späteren Bädervorschriften ist meist die bei Anderung der Elektrodenentfernung über oder unter die normale Entfernung von 15 cm erforderliche Erhöhung oder Verminderung der Badspannung für je 5 cm angegeben.

Nehmen wir z. B. an, wir haben für ein Bad eine Badspannung von 3 V vorgeschrieben, um 0,3 A Stromdichte zu erzielen, und sehen weiter vorgeschrieben: »Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung = 0,3 V«, so müßten wir im obigen Fall der vergrößerten Elektrodenentfernung auf 30 cm die Badspannung um 3 × 0,3 = 0,9 V, demnach auf 3,9 V erhöhen, um die vorgeschriebene Stromdichte von 0,3 A auch trotz der vergrößerten Elektrodenentfernung einzuhalten.

Hat man hohle Gegenstände einzuhängen, so sorge man dafür, daß alle Luft aus den Hohl- und Innenräumen vom Bad verdrängt werde, sonst würde sich an diesen mit Luft erfüllten Stellen kein Niederschlag bilden.

Fig. 131.



Einhängen kleiner Gegenstände in Bündeln.

Kleine Gegenstände, kleine Bijouterieartikel, Ketten u. ä. werden meist bündelweise in die Elektroplattierbäder eingehängt, und zwar auf Kupfer- oder Messingdraht aufgereiht oder aufgebunden, je nach ihrer Beschaffenheit, siehe Figur 131.

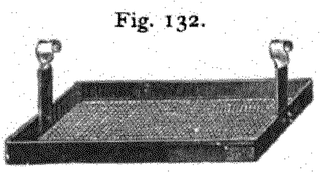
Beim Aufhängen dieser kleinen Objekte muß man darauf Bedacht nehmen, daß dieselben möglichst locker angereiht seien, so daß nicht Flächen fest aufeinanderliegen oder sich decken, damit der elektrolytische Niederschlag überall ungehindert stattfinden könne. Sind es flache Gegenstände, z. B. aus ein und derselben Stanze gepreßte Artikel, die sich ineinanderlegen, so wird man guttun, zwischen je zwei derselben eine große Glasperle einzureihen, um sie voneinander zu trennen. Während des Elektroplattierens sind solche kleine

in Bündeln eingehängte Objekte recht fleißig zu schütteln, um ihre Lage zu verändern, damit an den Berührungsstellen nicht Flecken bleiben.

Noch kleinere Artikel, welche nicht auf Draht aufgebunden werden können, z. B. Knöpfe, Schrauben, Niete, Nadeln u. ä., elektroplattiert man in einem Drahtsieb aus dünnem, blankem Messing- oder Nickeldraht angefertigt; diese Drahtsiebe, »Elektroplattierkörbe« genannt, siehe Figur 132, sind an ihren Rändern etwa 1 cm aufgebogen, nur so viel, daß nichts herausfallen kann, und sie werden mittels angelöteter Blechstreifen auf die Warenleitungsstange aufgehängt.

Es ist dies ein Notbehelf für so kleine Artikelchen, aber sie elektroplattieren sich in einem solchen Körbchen ganz gut, namentlich wenn man den Strom entsprechend verstärkt; man hat nur darauf zu achten, daß der Elektroplattierkorb immer rein und an seiner Kontaktbodenfläche blank sei, um den Kontakt ungestört zu vermitteln, daß ferner die Gegenstände in nicht zu großer Anzahl möglichst flach ausgebreitet sind und oft geschüttelt werden, um eine gleichmäßige fleckenlose Elektroplattierung zu erzielen.

Fig. 132.



Elektroplattierkorb.

Nach längerem Gebrauch wird ein solches Körbchen, wenn es aus Drahtgeflecht besteht, vom anwachsenden Niederschlag rauh, schwarz, so daß es selbst durch Beizen nicht mehr blank zu machen ist, dann ist es unbrauchbar, die Gegenstände würden darin die längste Zeit im Bad hängen, ohne einen nennenswerten Niederschlag aufzunehmen; es muß ein neuer blanker Elektroplattierkorb in Verwendung kommen.

Galvanisierkörbchen aus Zelluloid. Die Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G. bringen seit einiger Zeit für die Galvanisierung kleiner Artikel, wenn der Betrieb nicht groß genug ist, um rotierende Massen-Galvanisiertrommeln anzuschaffen, eigenartig präparierte Galvanisierkörbchen aus Zelluloid in allen möglichen Größen und in den verschiedensten Perforationen auf den Markt, die sich außerordentlich gut bewähren. Die Körbchen sind nur auf der inneren Seite am Boden me-

tallisch leitend, und dies bedingt natürlich, daß sich am Körbchen selbst, wenn es mit Ware beschickt ist, so gut wie kein Metall anlegt. Während man bei Verwendung von Drahtgeflechtkörbchen 6 bis 8 Volt Badspannung anzuwenden hatte, um auf die im Körbchen befindlichen Waren noch genügend Strom zu bringen, kann man bei diesen Körbchen mit normalen Badspannungen arbeiten. Man spart dabei nicht nur an Strom und Kraft, sondern ganz besonders an Anodenmaterial, da wirklich fast alles niederzuschlagende Metall auf den Waren abgelagert wird.

Für heiße Lösungen sind begreiflicherweise solche Körbchen nicht verwendbar, da Zelluloid in heißem Wasser erweicht, wodurch sich die Körbchen deformieren würden.

Wenn es sich darum handelt, kleine Artikel in Massen zu elektroplattieren, so ist die Verwendung der nachstehend beschriebenen

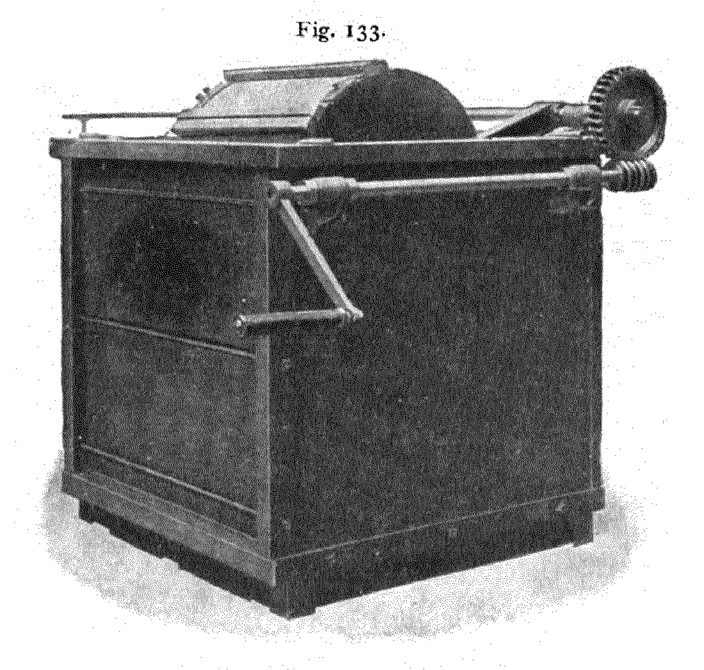
Galvanisiermaschinen für Massenartikel zweckmäßig.

Das Bedürfnis für solche maschinell arbeitende Apparate bei der Galvanisierung größerer Mengen von Massenartikeln reicht weit zurück, und schon vor zwanzig Jahren wurden mehr oder weniger glücklich konstruierte Apparate in Form von rotierenden Trommeln verwendet. Ein wunder Punkt bei all diesen älteren Konstruktionen war die Stromversorgung der in diese Trommeln eingefüllten Gegenstände. Metallische Wandungen solcher rotierender Apparate waren schon aus dem Grunde als unpraktisch bald verlassen worden, weil sich das niederzuschlagende Metall vorwiegend an die Trommel selbst ansetzte und die Gegenstände nur verschwindend wenig Anteil an der Exposition als negative Elektrode teilnahmen. Es ist dies ohne weiteres erklärlich, wenn man berücksichtigt, daß bei den zumeist kleinen Kontaktflächen, die sich zwischen der leitenden Trommelwand und den lose daraufliegenden Waren ausbildeten, ganz gewaltige Übergangswiderstände störend einstellen mußten. So kam es, daß sich vorwiegend das Niederschlagsmetall an der Trommel ansetzte, wodurch ein enormer Mehrverbrauch an Anodenmaterial eintreten mußte, als er für die Plattierung der Gegenstände notwendig gewesen und eingetreten wäre, wenn dieselben an Drähten eingehängt worden wären.

Natürlich war es grundfalsch, die Anoden bei Verwendung metallischen Materiales für die Trommel, außen um die Trommel herum, anzuordnen, doch begegnen wir auch solchen Konstruktionen, die begreiflicherweise rasch aus der Technik verschwanden.

Man konstruierte dann Trommelapparate, die im Innern die Anoden trugen, mußte aber bald konstatieren, daß sich in diesem Fall sehr leicht Kurzschlüsse zwischen Waren und den darüberhängenden Anoden bildeten, oder man mußte

Fig. 133.



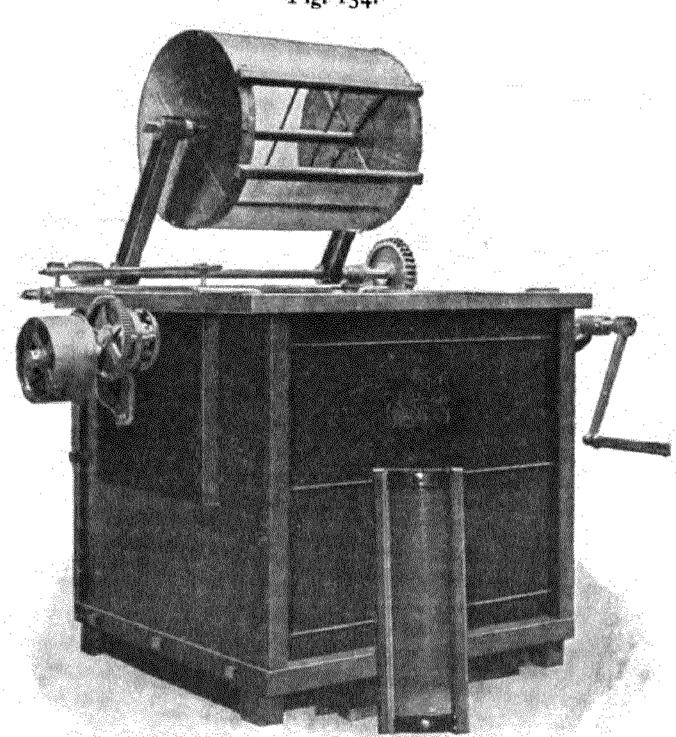
Massen-Galvanisiertrommel.

die Erfahrung machen, daß beim Rotieren der Trommel Gegenstände in die Höhe getragen wurden, anstatt, wie man dies wollte, darin herumzukollern. Es fielen solche hochgehobene Stücke auf die im Innern der Trommel auf der Welle isoliert und mit besonderer, oft recht kompliziert ausgeführter Zuleitung versehenen Anoden und wurden solcher Art nicht nur der Niederschlagsarbeit entzogen, sondern anodisch vom Strom wie das Anodenmaterial selbst aufgelöst. Die Folge davon

war ein vorzeitiges Versagen und eine weitgehende Verunreinigung der Bäder.

Auch die Verwendung von Aluminium als Trommelmaterial kann nicht als glücklich bezeichnet werden, weil erstens das Aluminium in sauren Lösungen, wie z. B. Nickel- oder Zink-

Fig. 134.

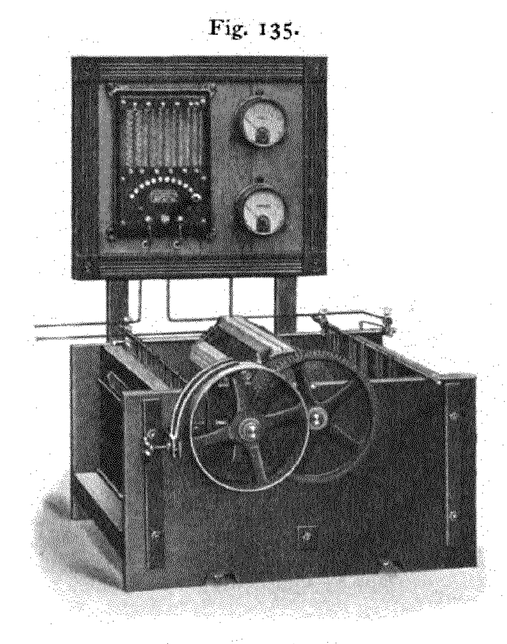


Massen-Galvanisiertrommel.

bädern den Stromübergang zu den Waren erschwert, anderseits für alkalische Bäder durch die Löslichkeit des Aluminiums in Alkalien solches von selbst ausschaltet.

Eine der besten Konstruktionen ist in vorstehenden Figuren 133 und 134 veranschaulicht. Es ist dies der von Pfanhauser stammende Apparat, der sich nebst Güte und Einfachheit der Konstruktion durch seinen verhältnismäßig billigen Kaufpreis auszeichnet.

Fig. 135.

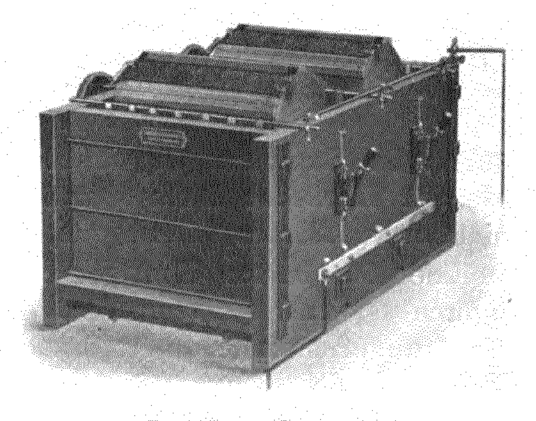


Kleiner Trommel-Apparat.

Die Abbildung Figur 133 zeigt die Stellung des Apparates während des Betriebes, die Abbildung Figur 134 dagegen die durch die Schneckenhebevorrichtung hochgehobene Trommel. In dieser Stellung ist die Füllung und Entleerung des Apparates vorzunehmen. Diese Apparate haben gewöhnlich einen Trommeldurchmesser von 500 mm und eine Trommellänge von ebenfalls 500 mm. Die Anoden hängen außerhalb zu beiden Seiten der Trommel, und zwar in meist plattenförmigem Zustande. Für gewisse Bäder ist die Anwendung halbkreisförmig gebogener Anoden, die die Trommel an ihrer Unterseite umgeben, praktisch, weil man auf diese Weise eine größere Anodenfläche erzielt. (Für alle alkalischen Bäder empfehlenswert!)

Die Trommel wird durch ein Kammradvorgelege angetrieben und besitzt eine Voll- und eine Leerscheibe mit Riemenrücker. Je nach den Artikeln, die in diesen Trommeln galvanisiert werden sollen, wird die Zuführung des negativen Stromes eingerichtet.

Fig. 136



Zwei-Trommel-Apparat.

Die Trommelwand kann in allen Perforationen geliefert werden und erfordert der

Apparat im allgemeinen 8 bis 10 Volt Betriebsspannung. — In neuerer Zeit wird von den Langbein-Pfanhauser-Werken neben den vorstehend beschriebenen großen Apparaten auch ein kleiner Trommelapparat für dieselben Zwecke in den Handel gebracht, wie ihn die Figuren 135 und 136 darstellen. Der Apparat kann Chargen von 4 bis 8 kg pro Trommel je nach Art des Artikels fassen.

Es wird von genannten Werken auch eine Anordnung für zwei, drei oder mehr Trommeln in einer gemeinsamen Wanne ausgeführt. Jede Trommel ist separat ausrückbar, was einen großen Vorteil für solche Betriebe bedeutet, die verschiedene Artikel galvanisieren und darauf bedacht sind, daß sich die verschiedenen Artikel nicht vermengen.

Eine nähere Beschreibung erübrigt sich wohl. Alles Nähere ist ja aus den Abbildungen zu ersehen. Je nach Art des Artikels, der galvanisiert werden soll, wird jede dieser Trommeln mit 4 bis 8 kg Ware beschickt. Die Objekte bleiben je nach gewünschter Metallauflage $^1/_4$ bis 1 Stunde im Bade. Die Kosten der Galvanisierung in solchen Trommelapparaten sind ganz von den zu galvanisierenden Objekten abhängig und soll die nachstehende Aufstellung nur ein ungefähres Bild der Galvanisierungskosten pro 100 kg veredelter Ware bieten.

Man kann folgende Gestehungskosten*) annehmen unter Anwendung der Trommelapparate:

Vernickelung . .	von	100 kg	Ware	**M. 1,50**	bis	**4,—**
Vermessingung .	„	100 kg	„	**M. 1,40**	„	**3,50**
Verkupferung . .	„	100 kg	„	**M. 1,40**	„	**3,50**
Verzinkung . . .	„	100 kg	„	**M. 1,20**	„	**4,—**
Verzinnung . . .	„	100 kg	„	**M. 1,60**	„	**8,—**
Verbleiung . . .	„	100 kg	„	**M. 1,20**	„	**10,—**

In diesen Gestehungskosten sind inbegriffen:

1. der Metallanodenverbrauch,
2. der Kraftverbrauch für den Antrieb des Apparates und für die Stromerzeugung,
3. Bedienungspersonal.

*) Diese Angaben schwanken je nach der Metallauflage und den für solche Kalkulationen dienenden einzelnen Positionen. Auch der Artikel ist insofern von Einfluß, als dünnwandige Objekte höhere Kosten verursachen als schwere bzw. massive.

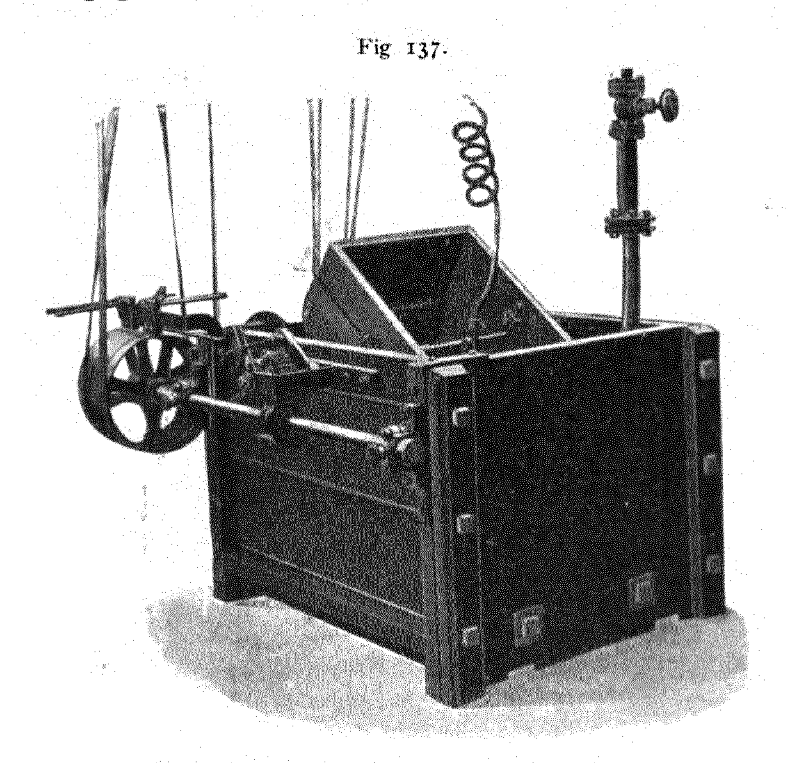
Während der vorher erwähnte größere in den Figuren 133 und 134 abgebildete Apparat infolge der Trommelabmessungen einerseits und infolge des Gewichtes der Trommel samt Inhalt anderseits eine mechanisch arbeitende Hebevorrichtung erforderlich macht, kann die kleine Trommel von Hand aus dem Apparat herausgehoben werden. Die Füllung und Entleerung der Trommel kann selbstredend nur dann vorgenommen werden, wenn durch den Riemenrücker die Trommel stillgesetzt wurde. Der kleine Trommelapparat eignet sich für diejenigen Artikel, die auch im großen Apparat galvanisiert werden können, speziell geeignet ist er dagegen zur Galvanisierung längerer sperriger Artikel wie Speichen u. dgl. Man muß darauf achten, daß man die galvanisierten Gegenstände baldigst abspült, nachdem man den Strom unterbrochen hat, und dann trocknet.

Die Bäder für die Trommelapparate müssen bei allen derartigen Apparaten sehr metallreich sein, denn es wird stets mit ganz bedeutenden Stromdichten gearbeitet, und man muß demzufolge dafür sorgen, daß die bei erhöhter Stromdichte immer mehr in die Erscheinung tretende Metallverarmung in der Nähe der Kathode durch Zuführung von neuem Metallsalz wettgemacht werde. So muß speziell bei der Vermessingung in solchen Apparaten eine nach speziellen Prinzipien zusammengesetzte Lösung zur Anwendung kommen, und Verfasser hat mit solchen Elektrolyten dauernd die denkbar besten Resultate erzielt. Es liegt in der Natur der Sache, daß sich solche angestrengt arbeitende Bäder in ihrer Zusammensetzung bald verändern, jedenfalls rascher als gewöhnliche Bäder, und man wendet sich daher bei Beschaffung der zu den Apparaten erforderlichen Bäder am zweckmäßigsten an die Firma, die den Apparat geliefert hat, weil natürlich dieser die größte Erfahrung hierin zu Gebote steht und jederzeit dem Interessenten wird sagen können, wie er sein Bad in Ordnung bringen kann, wenn es einmal nach längerer Zeit weniger gut arbeitet.

Die Anoden werden in solchen Apparaten der angewendeten höheren Stromdichte entprechend rascher angegriffen, als dies bei gewöhnlichen ruhenden Bädern unter

Anwendung schwächerer Ströme der Fall ist, natürlich wird dafür aus einem solchen Bade viel mehr herausgearbeitet. Man muß daher leichtlösliche Anoden verwenden, am besten solche aus Gußmetall. Nur bei der Verzinkung ist die Anwendung gewalzter Anoden vorzuziehen, doch sorge man wie

Fig. 137.



Großer Schaukelapparat mit Reversiervorrichtung.

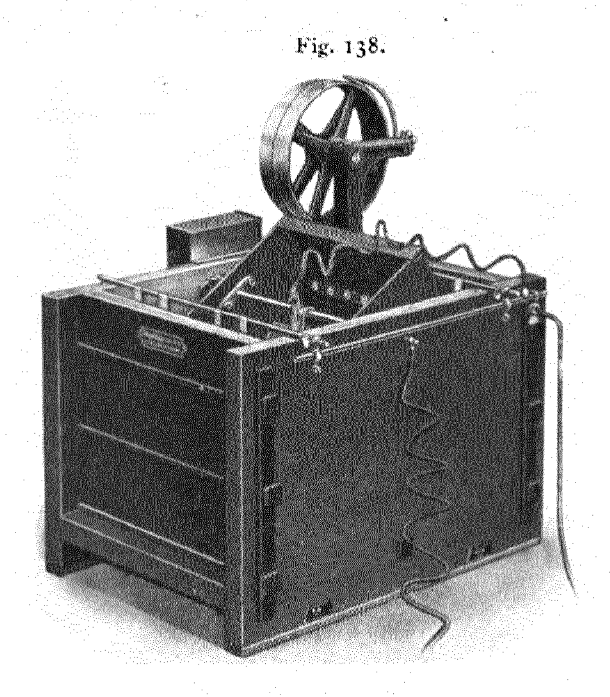
stets in diesem Fall auch für eine möglichst große Anodenfläche, um nicht eine allzu rasche Veränderung der Badzusammensetzung zu erfahren.

Der Patent-Schaukelapparat. Ein ganz vorzüglich arbeitender Apparat, der sich besonders für die elektrolytische Verzinkung solcher Artikel eignet, die nicht einzeln an Kupferdrähten aufgehängt in gewöhnliche Bäder gebracht werden können, ist der ehemaligen Firma Dr. G. Langbein & Co. in den meisten Kulturstaaten patentiert worden.*)

*) D. R.-P. 97944.

In neuerer Zeit hat dieser Apparat durch die Konstruktion eines eigenartigen Kontaktsystemes eine ganz wesentliche Verbesserung erfahren und sei dieser Apparat, der in Fig. 137 veranschaulicht ist, ganz speziell für solche Massenartikel empfohlen, welche infolge ihres Charakters in rotierenden Trommelapparaten nicht vorteilhaft genug galvanisiert werden können. Besonders für Ketten ist dieser Apparat in jeder Beziehung der bestgeeignete, denn durch die verhältnis-

Fig. 138.



Kleiner Schaukelapparat mit automatischem Bewegungsmechanismus.

mäßig langsame Schaukelbewegung während der Elektrolyse wird ein Verflechten und Verwirren selbst der längsten Ketten vermieden.

Der eigentliche, bewegliche Warenträger bei diesem Apparat ist ein aus nichtleitendem Material bestehender sechs- oder achtkantiger Kasten, dem am Boden der negative Strom durch Kontaktschienen zugeführt wird. Die Gegenstände werden nach vorheriger Reinigung in diesen um seine Achse sich langsam hin und herbewegenden Kasten gelegt, während

die Metallanode auf einem meist der Höhe nach verstellbaren Träger aufgehängt wird. Der Strom kann also hierbei ungehindert zirkulieren, da keinerlei isolierende, stromhindernde Zwischenwand angebracht ist. Die zu plattierenden Gegenstände und die Anode bleiben also stets im Bade, und es kollern die Objekte fortgesetzt in dem Kasten hin und her, ohne sich wesentlich zu verkratzen. Sie nehmen dabei einen hübschen Glanz an, und man kann sogar ziemlich fein vorgeschliffene Gegenstände in solchen Apparaten mit Erfolg einwandfrei galvanisieren.

Die Leistungsfähigkeit des Schaukelapparates ist natürlich von der Größe des schaukelnden Kastens abhängig. Die Beschickung kann je nach dem Artikel und der Natur der zu bearbeitenden Waren bis zu 30 kg pro Charge angenommen werden. Es genügt im allgemeinen eine Expositionszeit von $^1/_2$ bis 1 Stunde, um eine solide Plattierung herbeizuführen.

Kraftbedarf des Schaukelapparates. Die Schaukelapparatur inkl. des sinnreich konstruierten Bewegungsmechanismus mit einer selbsttätig sich steuernden Reversiervorrichtung erfordert bei voller Beschickung an Kraft für die Bewegung selbst kaum mehr als $^1/_4$ PS. Je nach der Menge der im Apparat befindlichen Artikel und der Natur des Elektrolyten konsumiert der Apparat im Betrieb 50—250 Amp. bei 5—10 Volt Badspannung*) und erreicht damit im allgemeinen den Stromkonsum der anderen im Gebrauch befindlichen rotierenden Massengalvanisiereinrichtungen.

Für kleinere Betriebe oder für solche Betriebe, wo nicht genügend Material jeweilig vorhanden ist, um die Schaukel genügend mit einheitlichem Material zu beschicken, wird von den Langbein-Pfanhauser Werken ein kleiner, billiger Apparat auf den Markt gebracht, wie ihn die Abbildung Fig. 138 zeigt. Das Prinzip ist dasselbe wie das dem vorher beschriebenen größeren Apparat zugrunde liegende. Dieser Apparat ist besonders gut geeignet zur Vernickelung und Verzinkung und überall dort mit dem denkbar größten Erfolg anzuwenden,

*) Je nach Beschaffenheit und Temperatur des Bades und je nach der Anordnung der Anoden!

wo eine intensive Bewegung der zu galvanisierenden Artikel erforderlich ist und eine starke Metallauflage verlangt wird.

Es würde allzuweit führen, eine Zusammenstellung der übrigen mehr oder minder gut konstruierten Apparate für die Galvanisierung von Massenartikeln zu geben; Verfasser verweist diesbezüglich auf die recht lückenlose Zusammenstellung der Patentliteratur in der Monographie von Dr. Schlötter — die Galvanostegie Band I und II*).

Elektroplattierbad.

Bei Bereitung und Instandhaltung der Elektroplattierbäder sind folgende Punkte zu beachten:

1. Wahl des Lösungswassers.
2. Geeignete Beschaffenheit (Qualität) der verwendeten Chemikalien.
3. Konzentration des Bades.
4. Temperatur des Bades.
5. Reinhaltung des Bades.
6. Der Widerstand des galvanischen Bades.

Das Lösungswasser. Wie alle chemischen Vorgänge eine gewisse Genauigkeit und Reinlichkeit erfordern, speziell das Vorhandensein fremder Substanzen einen Prozeß schädlich beeinflussen kann, so ist es auch bei der Bereitung der Elektroplattierbäder. Vor allem sei dem zum Lösen der Chemikalien verwendeten Wasser besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Wasser, welches mineralische oder organische Substanzen enthält, verwende man lieber nicht. Regenwasser, wenn es wirklich rein gesammelt werden kann, wäre recht verwendbar, doch wird diese Bedingung selten erreichbar sein, weil es von den Dächern und Dachrinnen alle Unreinheit aufnimmt oder auch bei längerem Stehen in den Sammelgefäßen verunreinigt wird. Wirklich reines, destilliertes Wasser ist das ideal reinste Wasser, aber als solches wird es in größeren Mengen etwas kostspielig sein, und erfahrungsgemäß wird auch oft gewöhnliches Kondenswasser der Dampf-

*) Verlag von Wilhelm Knopp in Halle a. Saale.

maschinen als destilliertes Wasser verkauft, vor dem am meisten zu warnen ist, weil es oft Fett enthält und dann nicht einmal als Spülwasser zu empfehlen wäre.

Aus dem gleichen Grund ist auch die in Fabriken übliche Verwendung des heißen Wassers aus den Vorwärmern und Dampfkesseln zu vermeiden.

Reines Trinkwasser entspricht unserem Zweck ganz gut. Schwefelwasserstoff- oder jodhaltige Gewässer sind ganz unbrauchbar selbst auch zum Abspülen der fertig elektroplattierten Waren, weil sie besonders versilberte, verkupferte oder vermessingte Metallobjekte schwärzen, man hüte sich aber auch vor eisen- oder kalkhaltigem Wasser.

Geeignete Beschaffenheit (Qualität) der Chemikalien. Die Chemikalien, wenn auch gleichen Namens, sind nicht immer und nicht überall gleich. Ein und dasselbe chemische Produkt wird z. B. für Färberei, Bleicherei, Photographie, Pharmazie etc. anders bereitet, als es für unsere Zwecke erforderlich ist. Unsere chemischen Lösungen sind nicht nur für momentanen Bedarf, sondern sollen uns gewöhnlich jahrelang dienen. Gerade dieser Umstand is es, der uns zu ganz besonderer Vorsicht bei der Wahl unserer Chemikalien veranlaßt.

So kommt z. B. das für unsere Bäder so wichtige Cyankalium in den verschiedensten Gradationen im Handel vor, und hängt davon sowohl der Preis desselben ab als auch das Quantum, welches man zur Bereitung der Elektroplattierbäder braucht.

Es sei von vornherein bemerkt, daß man ausschließlich nur das reinste Cyankalium verwenden soll, welches ohne Beimengung fremder Produkte mit einem praktisch erreichbaren Gehalt von 95 bis 99% erzeugt wird, und dieses bezeichnet man als »Cyankalium 100%«.

Cyankalium ist ein Produkt, welches sehr bald im Gehalt zurückgeht, wenn es mit Luft in Berührung kommt, insbesondere wenn es Feuchtigkeit anzieht; es ist daher in einem hermetisch schließenden Gefäß luftdicht verschlossen an einem trockenen Ort aufzubewahren und jeweilig nur für etwa einen Monat Vorrat zu halten.

Außer dem reinen 95—99 perzentigen Cyankalium wird solches auch mit nur 80, 70, 60, 50, 40, 30% Gehalt erzeugt, und zwar durch Versetzen mit kohlensaurem Natron (Soda) oder kohlensaurem Kali (Pottasche); es wäre aber unökonomisch, solche mindere Cyankaliumsorten zu verwenden, da die beigemengte Soda, respektive Pottasche auch als Cyankalium, also teuer bezahlt werden muß, weil

ferner im Verhältnis zum Mindergehalt ein entsprechend größeres Quantum verbraucht wird, und weil (was das Schlimmste ist) mit diesen Minderprodukten unsere Bäder mit Soda, respektive Pottasche übersättigt werden.

Der wirkliche Cyankaliumgehalt läßt sich nur durch Titrierung genau bestimmen, was in jedem Laboratorium besorgt wird.

Die moderne Cyankaliumproduktion erzeugt natriumfreies und natriumhaltiges Cyankalium; es ist nicht zu behaupten, daß das eine oder das andere für Anwendung in unserer Industrie vorteilhafter oder weniger vorteilhaft sei*), nur im Fall der Gehaltsbestimmung ist der Unterschied maßgebend, denn ein natriumhaltiges Cyankalium mit einem für natriumfreies Produkt gestellten Titre titriert wird irreführend einen viel höheren Gehalt an Cyankalium nachweisen, als tatsächlich vorhanden ist.

Am vorsichtigsten sei man bei Verwendung von Produkten, die unter ähnlich klingendem Namen gehandelt werden, aber in der Zusammensetzung und Verwendbarkeit ganz verschieden sind.

Es gibt z. B.:

»neutral schwefelsaures Natron«, das ist kristallisiert, geruchlos, wird für Goldbäder verwendet;

»saures schwefligsaures Natron«, das ist in Pulverform, riecht intensiv nach schwefliger Säure, wird für Kupfer- und Messingbäder verwendet;

»unterschwefligsaures Natron«, kristallisiert, kommt in unserer Industrie sehr wenig in Verwendung, mehr in der Photographie, viel in der Textil- und Papierindustrie;

»schwefelsaures Natron«, kommt kristallisiert im Handel unter der Bezeichnung Glaubersalz vor; in unserer Industrie wird es wasserfrei (kalziniert) in Pulverform manchen Bädern zugesetzt, um deren Leitvermögen zu erhöhen, ist aber ein von dem schwefligsauren Natron ganz verschiedenes Produkt, daher mit diesem nicht zu verwechseln;

»doppelt (oder zweifach) schwefelsaures Natron« wird in unserer Industrie gar nicht verwendet.

»Soda«, das ist kohlensaures Natron, kommt sowohl kristallisiert (wasserhaltig) als auch kalziniert (wasserfrei) im Handel vor; irrtümlich wird auch das doppeltkohlensaure Natron im Handel oft als Soda bezeichnet. Wir verwenden für unsere Bäderzusammensetzungen stets kohlensaures Natron,

*) Ausgenommen bei Goldbädern — siehe daselbst.

und zwar am besten kalziniert, im Handel unter dem Namen Ammoniaksoda bekannt.

Daß im großen Massenhandel chemische Produkte in allen möglichen Qualitäten chemisch und mechanisch verunreinigt vorkommen, ist ja bekannt: Ätzkali wird mit Salpeter gemischt und zusammengeschmolzen; Ätznatron und kohlensaures Natron (Soda) gibt es in allen möglichen Gradationen, ersteres mit Soda, letzteres mit Glaubersalz verunreinigt; Chlorgold mit Chlornatrium oder Chlorkalium gemischt, findet in der Photographie Verwendung; Grünspan und Weinstein werden mit Schwerspat, Kalk oder Gips gefälscht, Kupfervitriol wird mit Eisenvitriol zusammenkristallisiert, Salmiak (Chlorammon) wird mit Kochsalz (Chlornatrium) gemischt, Chlorzink und Chlorzinn kommen in den verschiedensten Beschaffenheiten im Handel vor, je nach deren Verwendungsart usf. Die große Konkurrenz bringt es mit sich, daß auf Kosten der Reinheit mit den Qualitäten manipuliert wird, um möglichst billig zu sein und dabei viel Gewinn zu erzielen. Wenn daher der Elektroplattierer bei Bezug von Chemikalien von deren Reinheit und richtigen Eignung nicht überzeugt ist, möge er einen gewissenhaften Chemiker zu Rate ziehen und kann nur immer wieder geraten werden, sich beim Bezug von Artikeln für elektrolytische Bäder an die Spezialfirmen zu wenden und tunlichst den Verwendungszweck des betreffenden beorderten Präparates anzugeben, um das geeignete Produkt zu erhalten.

Bei Bereitung der Bäder nach den angegebenen Vorschriften muß man auch die vorgeschriebene Reihenfolge, in der die Chemikalien zugesetzt werden, einhalten. Dies ist von Wichtigkeit für die chemischen Umsetzungen bei vielen unserer Bäder, insbesondere den cyankalischen. Um allen Schwierigkeiten aus dem Wege zu gehen, wird die Verwendung fertiger Präparate heute vorgezogen.

Eine große Hauptsache, die sehr oft übersehen wird, ist die vollständige Auflösung aller Chemikalien, es darf kein ungelöster Rückstand am Boden bleiben, sonst hat das Bad eine unrichtige Zusammensetzung. Viele unserer Chemikalien sind schwer löslich, daher wird auch bei den meisten Zu-

sammensetzungen vorgeschrieben, warmes Wasser zu verwenden, Chemikalien, die in großen Stücken vorkommen, erst zu zerkleinern (mit Ausnahme des ohnedies leicht löslichen Cyankaliums) und insbesondere durch fleißiges und energisches Umrühren mit einem Holzstab die vollständige Lösung zu begünstigen. Trübe Lösungen beeinträchtigen stets die Reinheit des Niederschlages, speziell bei stärkeren Metallauflagen wird der Niederschlag aus nicht klaren Lösungen leicht rauh und knospig, infolge Einwachsens von in der Lösung suspendierter Partikelchen.

Bei kleinen Bädern kann man das Auflösen der Chemikalien direkt in emaillierten Eisentöpfen in der Weise ausführen, daß man erst das ganze Wasserquantum auf eine ziemlich hohe Temperatur erwärmt, die betreffenden Produkte in der vorgeschriebenen Reihenfolge umrührend vollständig löst, das fertige Bad erkalten läßt und in die dafür bestimmte Wanne gießt.

Bei großen Bädern würde dies wegen der großen Flüssigkeitsmengen Schwierigkeiten machen; man wird das Wasser in einem reinen Eisen- oder Kupferkessel erwärmen und die Lösung der Salze (jedes einzeln) in einem reinen Holzgefäß vornehmen, aus diesem in die Wanne gießen.

Die Bereitung der Bäder mit dem heißen Wasser aus den Dampfkesseln oder durch Einleiten von Dampf ist insofern gefährlich, weil beide meist fetthaltig sind, das Bad unbrauchbar machen würden.

Hat man die gegebenen Vorschriften bei der Badbereitung eingehalten, so wird man stets ein gebrauchsfertiges Bad haben, das gleich von Anfang an gute Resultate liefert. Das übliche, noch jetzt manchmal empfohlene Abkochen der Bäder bei der Bereitung hat keinen Zweck, wenn man bei der Badbereitung darauf gesehen hat, daß alle Salze richtig gelöst wurden; es könnte ja nur bezwecken, einen etwaigen Rückstand an ungelösten Salzen zur Lösung zu bringen. Auch die Vorschrift, neue Bäder vor dem Gebrauch erst vom Strom durcharbeiten zu lassen, hält Verfasser für veraltet, denn dank der Fortschritte auf dem Gebiet der Elektrochemie war es möglich, die Zusammensetzungen der Bäder so zu regeln,

daß die Nachhife des Stromes vermieden werden kann, da richtig zusammengesetzte Bäder von vornherein sofort nach der Bereitung gut funktionieren müssen, sofern man nur dem Bad Zeit gelassen hat, sich auf die angegebene Temperatur abzukühlen. Man rühre während des Erkaltens einigemale um, damit eine gleichmäßige Konzentration im Bade herrsche, und fange mit Vertrauen zu arbeiten an. Das Abkochen mancher Bäder mit oxydierenden Substanzen, wenn ein Bad einmal schlecht arbeitet hat natürlich seinen guten Zweck und hat mit dem Abkochen beim Neuansetzen eines Bades nichts gemein.

Konzentration der Elektroplattierbäder. Wir messen die Konzentration unserer Elektroplattierlösungen mit dem Bauméschen Aräometer, das ist eine 10 bis 30 cm lange, an beiden Enden zugeschmolzene Glasröhre, ganz ähnlich einem Glasthermometer, ebenso wie dieses in Grade eingeteilt, an dem einen Ende mit Bleischrot oder Quecksilber gefüllt. Um die Dichte einer Lösung zu messen, gießt man sie in einen der Länge des Aräometers entsprechend hohen Glaszylinder, senkt den Aräometer (mit dem schweren Ende nach unten) ein, wie Figur 139 zeigt, und liest an der Oberfläche der Flüssigkeit den Grad ab, bis zu welchem der frei schwimmende Aräometer eingesunken ist. Diesen Grad nennt man den Konzentrationsgrad der geprüften Lösung.

Auf die gleiche Art wird auch die Stärke unserer Säuren (Salpetersäure, Schwefelsäure etc.) bestimmt.

Laien sind vielfach der Ansicht, daß mit dem Aräometer der Metallgehalt eines Elektroplattierbades ermittelt werden kann. Dies ist ein Irrtum, denn die Dichte einer Lösung hängt von der Gesamtheit der gelösten Salze, also nicht allein von dem Gehalt an Metallsalzen, sondern auch von den enthaltenen übrigen Leit- und Beisalzen ab. Es kann ganz gut vorkommen, daß ein Bad trotz zu geringen Metallgehaltes eine erhebliche Überkonzentration zeigt; wieviel Metall es enthält, muß durch eine chemische Analyse der Lösung bestimmt werden, was nur Sache eines erfahrenen Chemikers ist.

Die Beachtung der Konzentration der Lösungen, deren Prüfung mit dem Aräometer ist bei neuen Bädern ganz überflüssig; wenn diese nach Vorschrift bereitet wurden, besitzen sie bei normaler Temperatur die dafür angegebene Konzentration und für diese gelten die bestimmten Daten.

Weil aber alle Bäder teils durch den elektrolytischen Prozeß, teils und weit mehr durch unrichtige Behandlung mit der Zeit Veränderungen erleiden, insbesondere deren Konzentration durch fortgesetzte Zusätze steigt, müssen wir auch dieser einige Aufmerksamkeit widmen.

Eine Zunahme der Konzentration unserer Bäder durch den elektrolytischen Prozeß wird insbesondere bei den cyankalischen Lösungen fühlbar, in welchen durch Zersetzung des Cyankaliums Ätzkali, beziehungsweise Ätznatron vorzugsweise entsteht, die (aus der Luft Kohlensäure anziehend) sich hauptsächlich in Pottasche, beziehungsweise Soda umsetzen. Auch durch den Kontakt der Cyankaliumlösungen mit der in der Luft enthaltenen Kohlensäure wird kohlensaures Kali, beziehungsweise Natron gebildet, indem die stärkere Kohlensäure die schwächere Blausäure austreibt, daher der in unseren Werkstätten wahrnehmbare Blausäuregeruch. Aber diese beiden Vorgänge vollziehen sich sehr langsam, werden erst bei Bädern fühlbar, die schon mehrere Jahre in Verwendung stehen. Viel rascher wird eine Überkonzentration cyankalischer Lösungen durch Verwendung minderwertiger Cyankaliumsorten verursacht, welche bis zu 75 % Pottasche, beziehungsweise Soda enthalten können, womit also dann die Bäder nicht nur zwecklos, sondern auch störend übersättigt werden; dem ist leicht vorgebeugt, wenn laut Vorschrift nur »reines Cyankalium 99 bis 100 %« verwendet wird.

Fig. 139.



Konzentrationsbestimmung mit Aräometer.

Alte cyankalische Bäder, welche mit Pottasche oder Soda übersättigt sind, können nach Steinach & Buchner durch Versetzen mit Cyanbarium korrigiert werden, welches mit dem Kali- oder Natronkarbonat Cyankalium beziehungsweise Cyannatrium und kohlensauren Baryt bildet; ersteres bleibt in Lösung, letzterer scheidet sich aus, wird abfiltriert und beseitigt.

Konzentrationszunahme verursachen ferner die Salzbildungen bei Regenerierung der Bäder; wenn bei eintreten-

der Metallverarmung z. B. eines Cyankupferbades immer Kupfervitriol oder essigsaures Kupfer, in ein Messingbad nebst diesen noch Chlorzink oder Zinkvitriol, in ein Silberbad jedesmal Chlorsilber oder Silbernitrat eingeführt werden, so müssen sich im ersten schwefelsaures, beziehungsweise essigsaures Kali, im zweiten nebst diesen noch Chlorkali, im dritten Chlorkali beziehungsweise Kaliumnitrat als zwecklose Nebenprodukte zu einer störenden Menge ansammeln.

Alle cyankalischen Bäder sind zur Vermeidung dessen, wenn Metallarmut eintritt, nur mit den entsprechenden Cyanmetallsalzen zu regenerieren. Ebenso ist es bei Nickelbädern; wenn diese bei Nickelverarmung immer mit den zum Ansetzen des ursprünglichen Bades präparierten Vernickelungssalzen versetzt werden, welche nur zur Bereitung neuer Bäder dienen, so müssen sie bald überkonzentriert werden und dann den Dienst versagen. Nur spezielle Nickelpräparate (je nach der chemischen Beschaffenheit des Bades: sogenannte Auffrischsalze oder Regeneriersalze) sollen zur Metallzuführung verwendet werden. Es ist überhaupt ein arger Fehler, in fertige Bäder noch fortgesetzt sogenannte Leitungssalze einzuführen, die ja bei der Bereitung schon zugesetzt fast immer unverändert vorhanden bleiben, nicht verschwinden; ein neuerlicher Zusatz solcher Leitungssalze (wie Borsäure, Natroncitrat, Chlorammon u. a. in Nickelbäder, saures schwefligsaures oder kohlensaures Natron u. a. in Cyanbäder etc. ohne besonderen Grund zugesetzt) verursacht nur störende Überkonzentrierung der Elektroplattierlösungen. Solche mit fremden Salzen überkonzentrierte, meist alte Lösungen sind nur durch Verdünnen mit Wasser auf die normale Konzentration zu bringen; selbstredend wird dadurch auch der Metallgehalt vermindert. Sollte dieser weit unter den normalen Stand gesunken sein, so müßte er durch Zusatz des geeigneten Metallsalzes wieder richtiggestellt werden; es ist aber zu erwägen, ob sich dies bei solchen, meist schon alten, vielgebrauchten Bädern noch verlohnt. Am besten tut man, solche Bäder der Spezialfirma, von der sie geliefert wurden, zur Untersuchung (es genügt meist eine Probe von 1 Liter!) einzusenden, damit auf Grund des wissenschaft-

lich ermittelten Tatbestandes die Korrektur in richtiger Weise besorgt werden kann.

Die Nachteile der überhandnehmenden Überkonzentration der Bäder sind folgende:

In alten, mit fremden Salzen übersättigten Bädern wird der Niederschlag meist streifig oder körnig rauh ausfallen und in tiefen Bädern werden die eingehängten Waren auf den unteren Partien mehr Niederschlag ansetzen als auf den oberen, die Folge der Flüssigkeitsdichte und der verschiedenen Konzentrationsschichten, bzw. die Folge der größeren Zähigkeit der Lösung.

Ein weiterer, insbesondere in der kalten Jahreszeit in alten Bädern mit sehr hoher Konzentration und niederer Temperatur auftretender Übelstand ist der, daß Salzkristalle sich ausscheiden, die sich an die Wannenwände und besonders an die Anoden, selbst aber auch an die eingehängten Waren ansetzen und den Gang der Elektroplattierung stören oder beeinträchtigen. Auch in neuen Bädern, wenn sie mit zu wenig Wasser bereitet wurden, zeigt sich diese Erscheinung. In diesem Fall muß die Lösung mit Wasser verdünnt werden, die Salzkristalle sind mit erwärmtem Bad aufzulösen und deren Lösung demselben wieder zuzuführen.

Die gleiche Erscheinung kann auch auftreten durch nicht beachtete Verdunstung des Wassers aus dem Bad, wenn dies nicht durch Nachgießen reinen Wassers im Verhältnis regelmäßig wieder ersetzt wurde, eine eigentlich ganz selbstverständliche Manipulation.

Für die Funktion ist die Konzentration der Elektroplattierbäder, solange diese nicht gar übermäßig überhandnimmt, nicht gar so eminent gefährlich, als vielfach angenommen wird.

Bei kleinen Konzentrationsschwankungen von 10 bis 20% über oder unter die normale kann die vorgeschriebene Badspannung ohne empfindlichen Nachteil für die Brauchbarkeit des Niederschlages eingehalten werden. Manche Bäder, allerdings ist der Fall selten, sind auch bei Änderung der Konzentration bis 50% über oder unter normal noch funktionsfähig, aber »die Badspannung muß dann entsprechend dem veränderten Badwiderstand geändert werden«.

Mit der veränderten Konzentration der Salzlösungen ändert sich nämlich auch deren spezifischer Widerstand und fordert eine im Verhältnis geänderte Badspannung, um die bestimmte, einen guten Niederschlag sichernde Stromdichte wieder einzuhalten.

Der Übelstand, der für den Praktiker daraus erwächst, ist nur der, daß er sich bei wesentlichen Konzentrationsänderungen nicht mehr an die vom Verfasser für den normalen Zustand des Bades vorgeschriebene Badspannung halten kann, sondern sie selbst bestimmend ändern muß. Mangels der erforderlichen Instrumente ist er aber nicht in der Lage, den Widerstand seiner veränderten Bäder zu messen und die den neuen Verhältnissen anpassende Badspannung zu berechnen.

Es ist daher geraten, um mit den vorgeschriebenen Stromverhältnissen sicher fortarbeiten zu können, von Zeit zu Zeit die Konzentration der Bäder zu kontrollieren und diese bei wesentlichen Veränderungen wenigstens annähernd wieder auf den ursprünglichen Stand zu stellen. Bei leichten Elektroplattierungen ist es weniger heikel, aber wenn es sich um starke Niederschläge handelt, wenn die Ware mehrere Stunden elektroplattiert wird, werden derartige Veränderungen schon fühlbar.

Eine Abnahme der Konzentration eines Bades kann wohl nur durch Zugießen von zu viel Wasser verursacht sein, wäre also durch Zusatz des betreffenden Metallsalzes und des oder der dazu gehörigen Leitsalze auszugleichen, was sich aber nur bei sonst noch guten Lösungen verlohnen wird, keinesfalls bei alten vielgebrauchten Bädern.

Wenn die Bäder gut gehalten werden, wenn nicht sinnlos ohne Bedürfnis Salze zugesetzt werden, die nicht hineingehören, wenn nicht unrichtige oder schlechte Chemikalien in Verwendung kommen, werden die Bäder die Konzentration nicht sobald ändern.

Temperatur der Elektroplattierbäder. Die Temperatur unserer Elektroplattierbäder (sowie die der Beizen und Gelbbrennen) ist von größter Wichtigkeit; die Temperatur der kalt funktionierenden Bäder, für welche Verfasser die angegebenen elektrolytischen Daten bei einer Temperatur von meist 18° C bestimmt hat, darf nicht unter 15° C sinken, soll aber auch

nicht über 20° C erhöht werden, wenn nicht besondere Beweggründe dazu vorliegen. Ein Thermometer nach Celsius zum Messen der Temperatur der Lösungen ist daher ein ganz unentbehrlich wichtiges Gerät, das in unseren Werkstätten nicht fehlen darf. Bäder mit zu niederer Temperatur funktionieren schlecht oder versagen vollständig; der Elektroplattierer hat daher im Winter mit Schwierigkeiten zu kämpfen, die er im Sommer gar nicht kennt. Bei Beginn der kalten Jahreszeit muß die Temperatur der Bäder stets erst auf die normale Sommertemperatur von 15 bis 20° C gestellt werden, bevor sie in Verwendung kommen; kleine Bäder wird man in einem emaillierten Eisentopf*) erwärmend auf die richtige Temperatur bringen, bei großen Bädern erzielt man dies durch Einführung von Heizschlangen, keinesfalls aber durch direktes Einleiten von Dampf, welcher meist Fett mitführt, das die Lösungen verderben würde. Ein gut eingerichtetes Elektroplattierlokal soll im Winter überhaupt Tag und Nacht gleich warm gehalen werden, um die Bäder in richtiger Temperatur zu erhalten und das lästige Vorwärmen derselben vor Beginn der Arbeit zu ersparen.

Daß in zu kalten Bädern leicht Kristallausscheidungen vorkommen, daß diese vor Beginn der Arbeit erst aufgelöst und dem Bad wieder zugeführt werden müssen und daß solche Bäder, wenn sie an Überkonzentration leiden, mit Wasser zu verdünnen seinen, wurde im vorigen Kapitel bereits bemerkt.

Ein weiterer Übelstand einer zu niederen oder zu hohen Badtemperatur ist der, daß im ersten Fall der spezifische Badwiderstand sich erhöht, im zweiten sich vermindert, also die vorgeschriebenen Stromverhältnisse nicht stimmen und die Sicherheit der Arbeit verloren geht.

Reinhaltung der Bäder. Die Elektroplattierbäder sollen klar und rein sein. Abgesehen davon, daß man die Objekte während des Elektroplattierens im Bade gern deutlich sehen und beobachten will, ist es ein unheimliches Gefühl der Unsicherheit, mit einem schmutzigen, trüben Bad arbeiten zu

*) Man achte aber darauf, daß man zum Anwärmen von sauren Bädern säurebeständig emaillierte, zum Anwärmen alkalischer Bäder alkalibeständig emaillierte Gefäße verwenden muß.

müssen, und es kann auch sehr leicht vorkommen, daß sich die im Bad schwebenden Partikelchen, welche die Trübung verursachen, an die ruhig und bewegungslos eingehängten Objekte ansetzen und den elektrolytischen Niederschlag beeinträchtigen oder sonstwie störend einwirken.

Um also reine Bäder zu haben, läßt man sie am einfachsten einige Zeit ruhig stehen (klären) und sondert dann den Bodensatz durch Abgießen oder Abziehen der klaren Lösung ab.

Man kann bei den meisten Praktikern beobachten, daß sie sich ungemein viel Mühe geben, ihre Lösungen durch Filtrieren zu reinigen. Das Filtrieren ist eine sehr langweilige Beschäftigung; abgesehen davon, daß es sehr häufig vorkommt, daß gegen Ende der Filtration das Filter reißt und wieder von vorn angefangen werden muß, filtrieren unsere meist dichten Elektroplattierlösungen etwas langsam. Verfasser schlägt daher vor, sich auf das eingangs erwähnte »Absetzenlassen« und Abziehen der Lösungen zu beschränken; damit erreicht man ja ganz denselben Zweck wie durch das Filtrieren. Während der Sonntagsruhe haben die Bäder Zeit, sich absetzen zu können; das Abziehen des Bades ist, solange der Bodensatz noch unaufgerührt am Boden liegt, mit einem höchstens 1 cm weiten Glasheber oder Gummischlauch auszuführen, und zwar: um nicht mit dem Mund den Heber ansaugen zu müssen, was bei unseren giftigen Lösungen sehr gefährlich wäre, fülle man den Heber vorerst mit reinem Wasser ganz voll, halte beide Öffnungen desselben fest zu, so daß nichts herausfließt, tauche zuerst das kürzere Heberohr in das Bad und lasse aus dem längeren Auslaufrohr in ein bereitstehendes, tiefer gestelltes Gefäß ablaufen. Mit diesem Heber darf man aber dem Bodensatz nicht zu nahe kommen, sonst zieht sich dieser mit durch, und der Zweck des »Reinabziehens« wäre vereitelt. Wenn die Flüssigkeit ausgelaufen ist, dann vertausche man den weiten Heber mit einem dünnen, dessen Öffnung etwa nur 5 mm im Durchmesser hat; mit diesem kann man bei einiger Vorsicht fast bis zum Bodensatz abziehen, ohne daß letzterer mitgezogen wird. Den übrigbleibenden Rest filtriere man; das ist dann

aber nicht mehr viel, hält also auch nicht so lange auf. Jedenfalls wird auf diese Art die Reinigung des Bades viel rascher durchgeführt, als wenn das ganze Quantum filtriert worden wäre.

Der Widerstand der galvanischen Bäder. Es ist im theoretischen Teil im Kapitel »Die Badflüssigkeit« die Methode erläutert worden, nach welcher der Elektrotechniker durch Messung die spezifischen Badwiderstände ermittelt. In einem weiteren Kapitel wurde eine Berechnungsformel aufgestellt, nach welcher die an den einzelnen Bädern aufzuwendenden Badspannungen berechnet werden können. Im elektrochemischen Laboratorium der Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G. wurden die Werte für den spez. Widerstand der betreffenden Bäder selbst ermittelt und auch die wichtigsten Salze, die zum Ansetzen der galvanischen Bäder dienen, in bezug auf Leitvermögen bei den verschiedensten Konzentrationen untersucht.

Die Metallsalze und die angewendeten Leitsalze unterscheiden sich untereinander in ihrem elektrischen Leitvermögen ganz außerordentlich, und es bleibt natürlich Sache des Elektrochemikers, die galvanischen Bäder mit Rücksicht auf den schließlich zu erzielenden spez. Badwiderstand auf Grund solcher genauen Messungen der einzelnen Komponenten zusammenzusetzen. Bei gleich guten Metallniederschlägen wird selbstredend das Bad vorzuziehen sein, das den kleineren Badwiderstand hat, denn die zur Erzielung von etwa 1 kg Metallniederschlag aufzuwendende elektrische und mechanische Energie hängt unmittelbar mit dem spezifischen Badwiderstand zusammen. Im Anhang hat Verfasser Tabellen über die spez. Widerstände und Leitfähigkeiten angeführt, die dem Praktiker ein Bild davon geben sollen, welchen Einfluß der Zusatz der verschiedensten Salze bzw. Substanzen (auch Säuren und Alkalien) auf den spez. Badwiderstand ausüben.

Ähnlich (aber nur entfernt ähnlich) wie sich bei der Parallelschaltung zweier oder mehrerer Widerstände von metallischen Leitern, sogenannten Leitern I. Klasse, die kombinierten Widerstände finden lassen, ist dies auch bei den

Leitern II. Klasse, bei den gelösten Salzen im Elektrolyten der Fall. Annähernd gilt auch hier für das Vermischen von z. B. zwei Salzen in der Lösung die Formel:

$$W_g = \frac{Ws' \times Ws''}{Ws' + Ws''}.$$

Hierin bedeutet

W_g den spez. Widerstand des Gemisches,
Ws' „ „ „ „ einen Salzes,
Ws'' „ „ „ „ anderen Salzes.

Alle diese Widerstände sind auf einen Flüssigkeitswürfel von 1 dm Seitenlänge bezogen. Der reziproke Wert des spezifischen Widerstandes ist die spezifische Leitfähigkeit. Es besteht also zwischen diesen beiden Werten die Beziehung:

$$K = \frac{1}{Ws} \text{ oder } Ws = \frac{1}{K},$$

wenn K die Leitfähigkeit bedeutet. Die Gesamtleitfähigkeit eines Gemisches mehrerer Salze usw. setzt sich dann aus den einzelnen Leitfähigkeitswerten der Komponenten zusammen, so daß ebenfalls wieder annähernd die Formel gilt:

$$K_g = K_1 + K_2 + K_3 \text{ usw.},$$

wobei K_g die Leitfähigkeit des Gemisches bedeutet. Genau stimmt diese Formel jedoch nicht und zwar aus dem Grunde, weil sich in einem Gemisch die Leitfähigkeitswerte der einzelnen Komponenten beeinflussen. Durch Vermischen der Salze verringern sich beide Leitfähigkeitswerte, so daß das Resultat stets kleiner ausfällt, als sich durch Addition der vollen Werte ergeben würde; die Salze sind weniger dissoziiert, d. h. weniger in ihre Ionen gespalten, wenn die Konzentration der Lösung vergrößert wird. Substanzen mit gutem Leitvermögen werden dadurch weniger betroffen als solche mit schlechtem Leitvermögen, und es ist daher erklärlich, wie vorsichtig man z. B. mit dem Zusatz von gut leitenden Leitsalzen und Säuren bzw. gut leitenden Alkalien zu galvanischen Bädern sein muß. Durch übermäßiges Zusetzen solcher Substanzen kann das ganze Bild in einer Weise verschoben werden, daß schließlich die gute Funktion des Bades gefährdet wird.

Der Leser wird es aus diesem Grunde begreiflich finden, daß die Praxis besser daran tut, ihre galvanischen Bäder nur von renommierten und anerkannt fachkundigen Firmen zu beziehen und minderwertige Nachahmungen, wie sie leider von unberufener Seite nur allzu häufig unter Vorspiegelung aller erdenkbaren Versprechungen in ungeeigneter Form angeboten werden, zu vermeiden.

Theoretische Winke für den Elektroplattierer.

Bevor wir uns den einzelnen Elektroplattiermethoden zuwenden, sei noch eine kurze Zusammenfassung aller derjenigen Erscheinungen und Grundsätze angeführt, deren Verständnis und Kenntnis dem Praktiker von großem Nutzen sein dürfte.

Es ist dies die Kenntnis der Einflüsse und die Wirkungen, die in folgenden 5 Punkten behandelt werden sollen.

1. Einfluß der Konzentration.
2. Einfluß der Temperatur.
3. Einfluß der Stromdichte.
4. Einfluß der Anordnung der Waren im Bad.
5. Einfluß des Metalles der zu elektroplattierenden Gegenstände.

1. Einfluß der Konzentration. Die Elektroplattierung wird für gewöhnlich so vollzogen, daß das Metall erst durch einen sekundären Prozeß zur Ausscheidung gelangt. Dies erreicht man dadurch, daß man die Lösungen von Doppelsalzen wählt, welche in konzentrierteren Lösungen komplexe Anionen bilden, das sind solche, welche das niederzuschlagende Metall im Anion enthalten, während das Kation gewöhnlich ein Akalimetall ist, das erst sekundär aus dem in der Umgebung der Kathode befindlichen gelösten Doppelsalz das Schwermetall abscheidet.

Verfasser hat experimentell an einigen Doppelsalzen festgestellt, daß mit steigender Verdünnung ein wachsender Zerfall des Doppelsalzes in seine Einzelsalze stattfindet, die ihrerseits wieder Ionen in die Lösung schicken, so daß in verdünnteren Lösungen neben der sekundären Metallausscheidung auch eine primäre vor sich geht, und zwar ist das Verhältnis

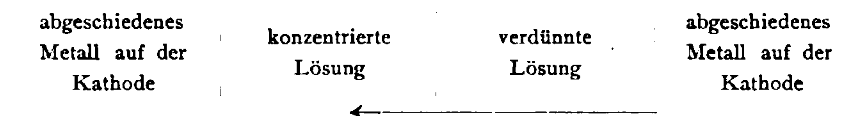
dieser beiden Teile zueinander bestimmt durch die Anteilnahme der einzelnen Ionen an der Stromleitung.

Es ist nun aber bekannt, daß an der Kathode eine Verdünnung der Lösung, an der Anode ein Wachsen der Konzentration platzgreift, und gerade die Verdünnung der Elektrolyte an der Kathode fordert zur Überlegung auf und gibt meist die Erklärung mancher Erscheinungen. Verdünntere Lösungen sind spezifisch leichter als konzentriertere, es werden daher bei unbewegtem Elektrolyten die durch die Konzentrationsänderung entstandenen dünneren Lösungen nach der Oberfläche der Elektrolyten steigen und sich dort ansammeln, falls nicht durch eine gleichzeitige ausreichend heftige Gasentwicklung ein Mischen der Lösung bewirkt wird. In diesen dünneren, weniger konzentrierten Lösungen ist aber das Doppelsalz mehr in seine Komponentensalze zerlegt als in der tiefer befindlichen konzentrierteren und daher schwereren Lösung. Man kann sich nun leicht vorstellen, wie mit abnehmender Konzentration gegen die Oberfläche des Elektrolyten zu eine steigende primäre Metallausscheidung vor sich geht. Tatsächlich bemerkt man des öfteren bei größer dimensionierten Gegenständen und längerer Elektroplattierdauer eine pulverige oder doch zum mindesten unschöne Metallausscheidung an den der Oberfläche des Bades näher gelegenen Teilen der Ware. Man sorge daher bei länger andauernden Elektroplattierungen für öfteres Durchmischen der Bäder, wodurch dieser störende Einfluß vermieden wird; dies Durchmischen kann entweder durch Rührwerke oder durch Zirkulation des Elektrolyten oder endlich durch Durchblasen von Luft geschehen. (Siehe Galvanoplastik.)

Ein anderer Fall, wie sich die verschiedene Konzentration an einem eingehängten, zu elektroplattierenden Gegenstand bemerkbar macht, ist folgender: Durch die bahnbrechende Nernstsche Theorie galvanischer Ketten unter Zugrundelegung des osmotischen Druckes und des Lösungsdruckes oder der Lösungstension von Metallen ist eine Erklärung gegeben, wie es möglich ist, daß ein bereits gebildeter Niederschlag sich wieder auflöst. Nernst lehrt uns, daß durch verschiedene Konzentrationsschichten einer Lösung an deren Berührungs-

stellen der Sitz von Potentialsprüngen zu suchen ist, wodurch die elektromotorische Kraft einer sogenannten Konzentrationskette erklärt wird.

Wir sprachen bereits davon, daß beim Elektrolysieren nicht bewegter Metallsalzlösungen in den unteren Teilen eine konzentriertere, in den oberen Teilen eine verdünntere Lösung sich vorfindet, und es ist somit die Konzentrationskette von unten ausgehend:



Es geht nun ein Strom im Elektrolyten von der verdünnten zur konzentrierten Lösung (siehe Pfeilrichtung); das Element, wenn wir es so nennen wollen, oder die Konzentrationskette ist durch die Kathode selbst, welche beide Pole dieser Kette abgibt, kurzgeschlossen; es kann nun leicht der Fall eintreten, daß durch diesen Strom von einer Stelle der Kathode mehr Metall abgelöst wird, als der Badstrom, der von einer äußeren Stromquelle zugeführt wird, dort niederschlagen kann; es kann sogar der Fall eintreten, daß, wenn die Ware stromlos im Bad hängen bleibt, das Metall der Ware stellenweise angegriffen wird. Auch hier wird die Zähigkeit der Lösung die Hauptrolle spielen und man wird Mittel und Wege ergreifen, die eine Verringerung der Zähigkeit der Lösung einerseits bedingen, andererseits das Durchmischen der Lösung begünstigen.

2. Einfluß der Temperatur. Es ist bereits bei der Abhandlung über die Leitfähigkeit von Elektrolyten davon gesprochen worden, daß die spezifischen Leitfähigkeiten von Elektrolyten mit steigender Temperatur zunehmen, ihre spezifischen Widerstände dementsprechend fallen. Durch Erwärmung eines Elektrolyten führen wir ihm Wärmeenergie zu und diese wird größtenteils dazu verwendet, um den Teil der Salze, der in der kalten Lösung noch nicht in Ionen gespalten (dissoziiert) war, in diese zu zerlegen, so daß wir in derselben Flüssigkeitsschichte eine größere Anzahl Ionen im warmen Zustand

des Elektrolyten besitzen, als wir hätten, wenn derselbe kalt ist. Da aber das Leitvermögen einer Flüssigkeit von der Anzahl der freien Ionen abhängt, so ist selbstredend bei höherer Temperatur das Leitvermögen von Lösungen größer, was auch im Temperaturkoëffizienten zum Ausdruck kommt, welcher uns in den Stand setzt, die Leitfähigkeitszunahme für jedes Temperaturintervall annähernd zu berechnen. (Die bei vielen, später folgenden Bädern angegebenen Temperaturkoëffizienten gelten bloß annähernd zwischen 10 und 50° C.)

Mit steigender Temperatur scheint auch die Streuung der Stromlinien zu steigen, so daß man in warmen Bädern Arbeiten ausführen kann, die in kalten nur schwierig, oft auch gar nicht möglich sind, namentlich das Elektroplattieren von solchen Gegenständen (z. B. das Verzinken hohler Gegenstände), welche nach allen drei Raumrichtungen ausgedehnt sind. Es hat sich auch gezeigt, daß in warmen Bädern Metallniederschläge von bedeutenderer Stärke sich erzielen lassen, als dies in kalten Bädern möglich ist; dies betrifft namentlich Nickel. Auch der Lösungsvorgang an den Anoden wird durch Steigerung der Badtemperatur in hohem Maße günstig beeinflußt, so daß die schwerlöslichen gewalzten Metallanoden in Bädern von über 40° C meist glatt in Lösung gehen.

3. Einfluß der Stromdichte. Man könnte diesen Einfluß zum Teil unter Punkt I besprechen, da mit steigender Stromdichte auch eine intensivere, raschere Änderung der Konzentration an den Elektroden stattfindet. Mehr aber noch kommt die Konzentration der zur Entladung gelangenden Ionen, auf die Flächeneinheit der Elektroden bezogen, in Betracht, gerade dort, wo es sich um die oxydierende Wirkung der Anionen oder die reduzierende Wirkung der Kationen handelt. Als allgemeiner Grundsatz gilt: Die Oxydations-, respektive Reduktionsvorgänge in galvanischen Metallbädern vollziehen sich um so glatter, je geringer die angewandte Stromdichte ist. Betrachten wir die Vorgänge an der Kathode, so finden wir folgendes:

Wir elektrolysieren etwa eine Nickelsulfatlösung, welche mit Ammonsulfatlösung gemischt ist, so daß sich das Salz Nickelammonsulfat in der Lösung bildet. In der konzentrierten

Lösung, wie sie gewöhnlich angewendet wird, sind die Ionen dieses Elektrolyten größtenteils

$$\overset{+}{(NH_4)}\ \overset{+}{(NH_4)} \text{ und } \overset{-}{Ni}(\overset{-}{SO_4})_2.$$

Ist die Stromdichte so gering, daß durch Diffusion immer wieder so viel Doppelsalz in die Umgebung der Kathode gelangt, als durch die Stromwirkung, dem Faradayschen Gesetz entsprechend, NH_4-Ionen dort zur Entladung kommen, so finden diese genügend reduzierbares Salz vor und werden das Doppelsalz zersetzen, indem sie Nickel daraus reduzieren nach der Gleichung:

$$\underset{\text{Nickelammonsulfat}}{(NH_4)_2Ni(SO_4)_2} + \underset{\text{Ammonium}}{2\,NH_4} = \underset{\text{Ammonsulfat}}{2\,(NH_4)_2SO_4} + \underset{\text{Nickel.}}{Ni}$$

Nickel wird molekular abgeschieden und ist festhaftend auf der Unterlage. Ist aber die entladene Menge Ammoniumionen größer als die Anzahl Moleküle Nickelammonsulfat, die durch Diffusion an die Kathode kommen, so werden sich je zwei derjenigen Ammoniumionen, welche zur Reduktion kein Doppelsalzmolekül vorfinden, zu einem Molekül Ammonium vereinigen, und da dieses nicht beständig ist, das Lösungswasser zersetzen unter Bildung von freiem Ammoniak nach der Gleichung:

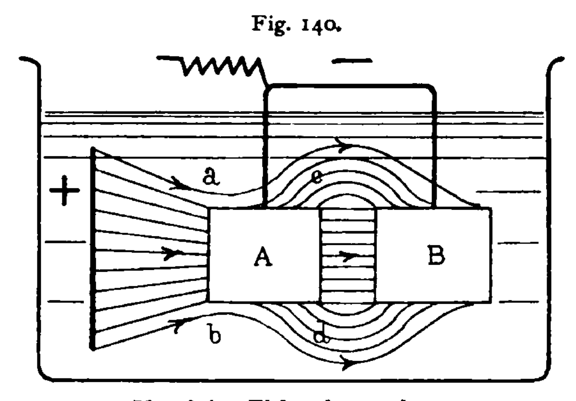
$$\underset{\text{Ammonium}}{(NH_4)_2} + \underset{\text{Wasser}}{2\,H_2O} = \underset{\text{Ätzammoniak}}{2\,NH_4OH} + \underset{\text{Wasserstoff.}}{H_2}$$

Ähnlich sind die Verhältnisse an der Anode, wobei sich Sauerstoffgas bildet; dies ist im Kapitel »Allgemeines über Veränderungen der Bäder« Seite 153 bereits eingehend behandelt worden.

Bemerkenswert ist die Tatsache, daß infolge der Wasserstoffentwicklung an der Kathode die Flüssigkeitsschicht, die sich bekanntlich dort sehr verdünnt, mit der benachbarten mischt und so wieder neue Substanz der Kathodenumgebung zuführt, woraus erklärlich ist, daß die Stromausbeute nicht umgekehrt proportional der Stromdichte sinkt, sondern immer noch etwas darüber bleibt, wie überhaupt die sogenannte »Strömung« der Lösung der Elektroden entlang außerordentlich wichtig für den Austausch der Lösungsschichten an den Elektroden ist.

4. Einfluß der Anordnung der Waren im Bad. Bereits im theoretischen Teil wurde davon gesprochen, daß man die Ware zwischen zwei Anoden einhängen solle, niemals zwei oder mehr Warenreihen zwischen zwei Anodenreihen. Nur bei ganz kleinen Objekten könnte man eine Ausnahme machen. Der Grund für diese Vorschrift liegt in folgender Tatsache: die Stromleitung im Elektrolyten, die im theoretischen Teil analog den Kraftlinien in magnetischen Stromkreisen, in Form von Stromlinien veranschaulicht wurde, wählt selbstredend die Wege, die der Stromleitung den geringsten Widerstand entgegensetzen. Haben wir aber etwa einmal eine Anordnung wie die in Figur 141 gezeichnete von Waren und Anode in

Fig. 140.



Unrichtige Elektrodenanordnung.

einem Bad, so wird der Strom in Form von Stromlinien zum Objekt A, vor allem aber nur bis zur Fläche a—b, die der Anode gegenübersteht, übertreten, die Metallionen von der Anode bis zu dieser Fläche a-b transportieren, dort werden sie sich entladen und als molekulares Metall auftreten. Nun erfolgt die Stromleitung zum Gegenstand B in der Weise, daß der Strom von der Fläche a-b bis zur Fläche c-d des Körpers A, vom Metall dieses Gegenstandes metallisch geleitet und erst von der Fläche c-d aus wieder bis zum Gegenstand B elektrolytisch fortgeleitet wird. Nun wirkt die Fläche c-d des Körpers A als Anode, während B Kathode ist. Die Folge davon ist, daß von c-d Metall gelöst wird, falls die Anionen des Elektrolyten mit dem betreffenden Metall lös-

liche Verbindungen bilden können. Kurz gesagt, es wird dort nicht nur kein Metall ausgeschieden, sondern die Ware wird an diesem Teil angegriffen.

Ein weiterer Grundsatz, insbesondere bei der Elektroplattierung größer dimensionierter flacher oder voluminöser Gegenstände ist der, daß im Interesse eines allseitig gleichmäßig erfolgenden Niederschlages die Ware von den Anoden überall gleich weit abstehen soll.

Man wird also bei flachen Gegenständen, wie z. B. bei Blechen u. ä., die Anoden annähernd so tief einhängen, als der eingehängte Gegenstand reicht, und die Anoden gegenüber der großen Warenfläche gleichmäßig verteilen. Bei voluminösen großen Objekten müßte man den Anoden eine der Warenoberfläche entsprechende Form geben, beispielsweise bei Elektroplattierung einer Kugel die Anode kugelförmig krümmen.

Weil dies aber praktisch nicht leicht durchführbar ist und gewöhnlich Anoden in Plattenform verwendet werden, so behilft man sich in der Weise, daß man die Anoden möglichst weit von dem zu plattierenden Gegenstand weghängt und diese Entfernung um so größer macht, je größer der Unterschied in der Unebenheit des Gegenstandes ist. Auch wendet man solche Gegenstände oder dreht sie automatisch, um Differenzen in der Metallauflage auszugleichen. Selbstredend gelten dann die bei den einzelnen Elektroplattiermethoden angegebenen Werte für die Badspannung nicht mehr, sondern man hat dann bei vergrößerter Elektrodenentfernung eine höhere Badspannung zu verwenden, um bei dieser größeren Entfernung wieder die verlangte Stromdichte zu erreichen. Die Methode, wie man sich diese Badspannung aus den gegebenen Werten errechnet, ist im Kapitel »Stromdichte, Badspannung und Polarisation« angegeben.

Bei den einzelnen Bädern wurde die Badspannung für normale Betriebsverhältnisse und für die Elektrodenentfernung von 15 cm angegeben, ebenso die Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung. Die Berechnung, die vielleicht manchem der Leser aus dem theo-

retischen Teil allein nicht genügend verständlich ist, sei hier an einem Beispiel nochmals (in einfacherer Weise) klargelegt.

Bei einem Elektroplattierbad sei als Badspannung für Eisen und ähnliche Metalle für eine Elektrodenentfernung von 15 cm = 2,9 V angegeben, als Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung = 0,4 V. Will man sich die Badspannung für eine Elektrodenentfernung von 10 cm berechnen, so hat man von der normalen Badspannung 0,4 V abzuziehen. Die Badspannung für eine Elektrodenentfernung von 10 cm wird sonach 2,9—0,4 = 2,5 V betragen müssen.

Hat man Metallgegenstände zu elektroplattieren, welche an und für sich den Strom schlecht leiten, infolge geringer spezifischer Leitfähigkeit des Materiales oder welche, wie dies bei Ketten oder dünnen Drähten der Fall ist, einen größeren Leitungswiderstand besitzen, so muß man dementsprechend höhere Badspannungen anwenden; dasselbe gilt für das Elektroplattieren kleiner Massenartikel, die entweder im Elektroplattierkorb oder zu einem Bündel zusammengefaßt oder in rotierenden Apparaten elektroplattiert werden. Man hat in diesen Fällen für ein öfteres Umschütteln der Gegenstände, resp. Umhängen derselben im Bad Sorge zu tragen, um das früher besprochene stellenweise Auflösen der Metallobjekte zu vermeiden, wodurch nicht bloß die Elektroplattierung schlecht ausfiele, sondern auch das Bad durch die aufgelösten Fremdmetalle verunreinigt würde. Zu dieser Umhängung oder Umschüttelung der Objekte benützt man auch rotierende Siebe, welche als negativer Pol fungieren. Man nehme möglichst grobmaschiges Drahtgeflecht zur Herstellung dieser Siebe, welche gerade noch ausreichen, um ein Durchfallen der Gegenstände zu verhüten. Ganz kleine Massenartikel (etwa Stahlfedern), die sich ineinander legen können, breitet man am besten auf solchen Sieben vorsichtig aus und wählt solche Drahtsiebe, welche genügend stark gespannt oder durch Versteifungsrippen stramm gehalten werden, so daß jedenfalls ein Ineinanderrollen der Objekte vermieden bleibt.

5. Einfluß des Metalles der zu elektroplattierenden Waren. Im Kapitel »Badspannung, Stromdichte und Polarisation« wurde erklärt, welchen Einfluß die durch die Art der

Metalle bedingte Polarisation oder gegenelektromotorische Kraft auf die anzuwendende Badspannung ausübt, wenn es sich darum handelt, eine bestimmte Stromdichte zu erhalten. Die Größe der gegenelektromotorischen Kraft ist von der elektromotorischen Kraft eines galvanischen Elementes bedingt, das durch das Anodenmetall und das Metall der eingehängten Ware mit dem Elektrolyten des Bades gebildet wird. Je weiter das zu elektroplattierende Metall von dem Anodenmetall seiner Stellung in der elektrochemischen Spannungsreihe nach der positiven Seite steht, um so höher ist die elektromotorische Kraft des Gegenstromes; dies deutet daraufhin, daß das Elektroplattieren der positiveren Metalle, wie Zink, Blei u. dergl. gewöhnlich eine bedeutend höhere Badspannung erfordert.

Es ist wohl aus dem im theoretischen Teil Gesagten erklärlich, daß das gleichzeitige Einhängen mehrerer sehr verschiedenartiger Metalle in ein und dasselbe Bad deswegen untunlich ist, weil die an der gemeinsamen Warenstange hängenden verschiedenartigen Metalle leicht den Elektroplattierprozeß störende Strömungen hervorrufen können. Man trifft deshalb in der Praxis die Einteilung so, daß jeweilig ein Bad nur mit Gegenständen aus gleichem Metall beschickt wird.

Ein anderer Umstand, der bei der Elektroplattierung der Metalle wohl zu beachten ist, ist das direkte Aufsetzen eines Metallniederschlages auf die betreffende Ware oder der Umweg über ein anderes Metall. Besonders bei der Elektroplattierung elektropositiver Metalle mit bedeutend elektronegativeren ist dies zu berücksichtigen, weil letztere, direkt auf jene niedergeschlagen, schlecht haften würden. Dies erklärt sich wieder vorwiegend durch die Annahme einer galvanischen Kette, die aus Grundmetall und Niederschlagsmetall mit Spuren von Feuchtigkeit, die sich zwischen diesen beiden befindet, gebildet wird.

So stellt uns, wenn wir etwa Eisen direkt versilbern würden, das Eisen die Lösungs- oder Oxydationselektrode dar, es bildet sich Rost unter der Silberschicht, die dann natürlich nur schlecht haften wird. Praktischerweise schafft man zu diesem Zweck eine Zwischenlage, und zwar eines solchen Metalles, welches

die Oxydation des Grundmetalles verhindert und gegen das Niederschlagsmetall, das die oberste Schichte zu bilden hat (in unserem Beispiel Silber), nicht zu sehr elektropositiv ist.

Wir werden daher Eisen vor dem Versilbern am besten zuerst vermessingen; das im Messingniederschlag enthaltene Zink verhindert, da es elektropositiver als Eisen ist, eine höhere Lösungstension besitzt, eine Oxydation des Eisens; das Kupfer des Messingniederschlages dagegen ist ein Metall, das von den unedlen Metallen in seinen elektrochemischen Eigenschaften dem Silber am nächsten steht, daher mit diesem eine galvanische Kette von nur ganz geringer elektromotorischer Kraft bildet.

Solche Zwischenlagen werden häufig, besonders beim Versilbern und Vergolden durch Überziehen mit Quecksilber auf einfach chemischem Wege durch Verquicken hergestellt und haben den gleichen Zweck wie das eben besprochene Vermessingen. Daß man fast allgemein vor dem Versilbern oder Vergolden verquickt, hat seinen Grund darin, daß Quecksilber, sofern es überhaupt auf dem Grundmetall auszuscheiden ist, infolge seiner günstigen Stellung in der Spannungsreihe zu den genannten Edelmetallen und seiner amalgamierenden Wirkung die größte Gewähr für einen solid festhaftenden Niederschlag bietet. Im übrigen sei auf die theoretischen Betrachtungen über das Festhaften der Niederschläge und über Legierungsbildung im theoretischen Teil hingewiesen.

Fehler der Anfänger.

Die größte Mehrzahl der Anfänger will es nicht glauben, daß die als Grundbedingung guter Resultate so oft empfohlene »Reinigung (Dekapierung) der Objekte vor dem Elektroplattieren« wirklich gar so heikel sei; sie begnügen sich, die Gegenstände einigermaßen blank zu machen, etwas abzuwischen oder mit Kalkbrei oder Petroleum oder Benzin oder Spiritus flüchtig abzubürsten, und glauben damit die gründliche Reinigung durchgeführt zu haben und ohne weiteres die Elektroplattierung ausführen zu können. Wenn auch in manchen Fällen, z. B. bei kurz vorher polierten Metall-

objekten ein Entfetten mit Spiritus, Kalkbrei oder reinem Benzin (Petroleum keinesfalls) für eine leichte Elektroplattierung genügen mag, verläßlich ist es nie, schon deswegen nicht, weil die Gegenstände vorher mehr oder weniger beschmutzt wurden, kürzere oder längere Zeit an der Luft gelegen, an ihrer Oberfläche weniger oder mehr oxydiert sind (für das Auge oft gar nicht wahrnehmbar); die Folge ist dann, daß die Elektroplattierung entweder gar nicht gelingt oder unschön mißfarbig ausfällt oder nicht hält, abblättert, unbrauchbar ist.

Die in dem Kapitel »Reinigen der Metallobjekte vor dem Elektroplattieren (Dekapieren)« gegebenen Vorschriften sind daher ohne Schädigung der Resultate nicht zu umgehen.

Ein anderer Fehler ist folgender: In der Furcht, etwas zu verderben, pflegen Anfänger bei den ersten Versuchen nur einzelne und ganz kleine Gegenstände in das Bad einzuhängen; man will erst einen kleinen Versuch machen, um zu sehen, wie es geht. Derartige kleine Erstlingsversuche werden meist mißlingen, die Elektroplattierung wird (selbst bei ganz tadelloser vorheriger Dekapierung) mißfarbig, schwarz oder mindest dunkel, rauh oger gar pulverig — unbrauchbar — ausfallen, weil die Warenfläche viel zu klein, die Stromwirkung viel zu stark ist; man wird an der im Bad hängenden Ware ein heftiges Emporsprudeln kleiner Gasbläschen (wie kochend!). wahrnehmen, das Zeichen der zu starken Stromwirkung.

Wenn die vorbereitende Dekapierung der Ware gewissenhaft, gründlich und richtig durchgeführt wurde, so mag man mit Vertrauen die Bäder mit Ware vollhängen, die Stromverhältnisse entsprechend reguliert, wird ein vollkommen befriedigendes Resultat erzielt werden.

Ist nicht genügend Warenfläche vorhanden, so hilft man sich in der Weise, daß man »Anoden« zur Ware hängt und dann noch mit dem Badstromregulator bis zur vorgeschriebenen Badspannung, die der Voltmesser anzeigt, abschwächt.

Daß bei allzu kleiner Warenfläche die vom Voltmesser angezeigte Badspannung nicht mehr im richtigen Verhältnis zur Stromdichte steht, sondern diese in solchem Fall zu hoch wird, wurde im theoretischen Teil im Kapitel »Badspannung, Stromdichte und Polarisation« eingehend erklärt.

Gewöhnlich pflegt der Anfänger jeden Mißerfolg ohne weiteres einem fehlerhaften Zustand des Bades zuzuschreiben; die erhaltenen Korrekturvorschriften, die nur für ein schon längere Zeit im Gebrauch gewesenes Bad gelten sollten, werden voreilig bei der noch ganz neu angesetzten Lösung sofort in Ausführung gebracht; es werden Chemikalien zugesetzt, es wird an dem Bad laboriert und dieses erst dadurch verdorben! Wenn ein Bad mit den richtigen Chemikalien richtig zusammengesetzt wurde, so ist die Ursache von Mißerfolgen niemals im Bad, sondern immer wo anders zu suchen, zunächst immer wieder in der ungenügenden Dekapierung der Objekte oder in unrichtigen Stromverhältnissen oder in Mängeln der Stromleitung!

Wenn schon das Bad in Verdacht gebracht wird, so ist in der kalten Jahreszeit die Temperatur desselben zu beachten. Bäder mit zu niedriger Temperatur arbeiten schlecht oder versagen ganz; im Winter hat der Elektroplattierer tatsächlich wegen der herrschenden niederen Temperatur mit Schwierigkeiten zu kämpfen, die er im Sommer gar nicht kennt. Es ist daher von besonderer Wichtigkeit, die Temperatur des Bades stets auf 15 bis 20° C zu halten, die eingetauchte Hand darf nicht kalt fühlen.

Anfänger übersehen häufig die Reinhaltung der Leitungen und Kontakte, und doch ist dies von ganz besonderer Wichtigkeit für die Stromzirkulation und infolgedessen für die Niederschlagsarbeit. Jeden Morgen vor Beginn der Arbeit müssen die Kontakte besonders bei den Bädern gereinigt werden; Anoden- und Warenstangen sind abzuschmirgeln, die Verbindungsklemmen an den Kontaktstellen metallblank zu machen, die Einhängekontakte der Anoden (Metallstreifen) mit einer Rundfeile oder Schmirgelleinen zu reinigen; die Anoden, wenn sie mit Schlamm überdeckt sind (bei cyankalischen Bädern) sind mit langstieligen Borsten oder Metallbürsten im Bad (ohne herauszunehmen) abzubürsten.

Sehr häufig wird es auch übersehen, daß die Stromzuleitungen zu den Anoden und Waren in den Bädern nicht genügen; die Anoden werden mit Drähten eingehängt, eine an und für sich schon sehr unpraktische Gepflogen-

heit, weil diese Einhängdrähte sehr geringen Leitungskontakt bieten. Es wurde schon bei der Erklärung über das Einhängen der Anoden empfohlen, dies mittels breiter, fest angenieteter Metallstreifen aus dem gleichen Metall der Anoden zu bewerkstelligen, die einen verläßlich sicheren Kontakt und genügend Leitfläche bieten, damit der erforderliche Strom unbehindert zirkulieren könne. Auch bei der Wahl der Stärke der Einhängdrähte für die Waren ist dies zu berücksichtigen; wir brauchen per 1 A zirkulierender Stromstärke eine Kontakt-=Auflagfläche von 1 bis 2 qmm. Auch alte Praktiker, noch an ihre ungenügenden alten Stromquellen (Elemente) gewöhnt, begehen hierin Fehler; wenn sie mit Dynamomaschinen arbeiten, behalten sie die gewohnten schwachen Leitungen bei und beklagen sich, daß sie trotz Dynamomaschine, welche genügend starken Strom liefert, in den Bädern zu wenig Strom haben, die Elektroplattierung zu langsam sich vollzieht. Bei kleinen Objekten werden derartige Mängel weniger fühlbar, wohl aber bei großflächigen Gegenständen.

Viele Anfänger sind der Ansicht, daß eine rauhe, rohe Metallfläche durch Elektroplattierung geglättet oder gar geglänzt werde, etwa wie durch geschicktes Auftragen eines Lacküberzuges! Dem ist nicht so, sondern der elektrolytische Niederschlag beläßt dem Metallgegenstand den Charakter seiner Oberfläche. Wird z. B. ein roher poröser Eisenguß vernickelt, so wird er nachher wie ein roher poröser Nickelguß aussehen; wurde der Guß vorher abgefeilt, so werden die Feilstriche auch nach dem Vernickeln sichtbar bleiben.

Wenn also gewünscht wird, daß die elektroplattierte Oberfläche eines Metallobjektes ein glattes Aussehen zeige, so muß diese entsprechend vorbearbeitet werden, entweder glatt abgedreht oder mit Schmirgel geglättet. Im entgegengesetzten Fall, wenn eine geglänzte (polierte) Metallfläche elektroplattiert wird, geht der Polierglanz verloren und die Fläche wird matt, wenn die Elektroplattierung solid, in stärkerer widerstandsfähiger Schichte ausgeführt wurde; in solchem Fall muß die elektroplattierte Fläche wieder nachpoliert werden, wenn sie Polierglanz zeigen soll. Ausführliches hierüber ist in der Abhandlung über »Polieren der Metallwaren« zu finden.

Die galvanischen Prozesse der Technik.

Nachstehend sollen die wichtigsten Bäder, deren sich die Galvanotechnik bedient, beschrieben werden und hat Verfasser nicht nur eine Sammlung spezieller Badvorschriften rezeptmäßig zusammengestellt, sondern auch sogenannte »präparierte Bäder«, wie solche von den Spezialfirmen für Galvanotechnik hergestellt werden, mit aufgeführt. Letztere sind natürlich für den ausführenden Galvaniseur weit geeigneter, denn er hat keine weitere umständliche Arbeit bei der Bereitung seiner Bäder und bekommt auf diese Weise vor allem verläßliche Badzusammensetzungen, die meist auch für ganz spezielle Arbeitsverhältnisse zugeschnitten sind oder auf Wunsch dementsprechend bereitet werden.

Badrezepte. Jedes elektrolytische Bad der Galvanotechnik besteht aus den eigentlichen Metallsalzen und einem Leitsalz oder aus einem Komplex von Leitsalzen. Über den Begriff der primären und der sekundären Metallfällung durch Elektrolyse wurde bereits im theoretischen Teil gesprochen, desgleichen die Art der Stromverteilung erörtert, soweit dies für das Verständnis der Vorgänge in einem derartigen Bad erforderlich ist.

Fast kein einziges Bad arbeitet mit einer rein primären Metallausscheidung, sondern man läßt das Metall durchweg, bezw. vorwiegend durch einen sekundären Vorgang ausfallen. Die sekundäre Metallfällung liefert ein dichteres Gefüge, und vor allem wird durch diesen Vorgang die sog. Streuung der Stromlinien mit bedingt. Allgemein streuen alkalische Bäder besser wie neutrale oder gar saure Bäder, und speziell dann ist die Streuung größer, wenn das Metall in Form eines sog. komplexen Salzes in die Lösung gebracht wird und demgemäß zu seiner Abscheidung ein höheres Kathodenpotential erforderlich ist. Man wird daher stets darauf bedacht sein müssen, diese komplexe Verbindung im Bade dauernd zu erhalten. Bei sog. Metall-Doppelsalzen (nicht zu verwechseln mit den L.-P.-W.-Doppelsalzen, welche komplexe Salze sind!), die nur in konzentrierteren Lösungen das Metall in komplexer Form enthalten, ist die Einhaltung einer be-

stimmten Badkonzentration unerläßlich. Würde man solche Bäder allzu dünn verwenden, dann würde an der Kathode bei der durch die Elektrolyse bedingten Verarmung der die Kathode umgebenden Lösungsschichten eine einfache Ionisierung des Metallsalzes platzgreifen — es würde dann Metall primär und noch dazu aus dünner Lösung entladen werden. Das gäbe aber stets schlechte unhomogene Fällungen. Man muß aus diesem Grunde eine untere Grenze der zulässigen Badkonzentration beachten.

Leitsalze. Als solche werden alle diejenigen Salze angesprochen, die an der Leitfähigkeit beteiligt sind, die aber solche Kationen abspalten, welche leicht die sekundäre oder auch tertiäre Metallfällung an der Kathode bewirken können. Die Wahl der Leitsalze wechselt mit der Badvorschrift und im allgemeinen werden nur Salze der Leicht- oder Erdmetalle bezw. der Alkalimetalle hierzu verwendet.

Die Leitsalze haben aber noch einen anderen Zweck, u. z. den, die zur glatten Lösung des Anodenmateriales erforderlichen Anionen in reichlicher Menge abzuspalten. Von der Wahl der geeigneten Leitsalze hängt nun hauptsächlich das dauernd gute Arbeiten eines Bades ab, denn es leuchtet ein, daß ein Bad nur so lange gute Niederschläge liefern kann, solange der Metallgehalt im richtigen Verhältnis zum Gehalt an Leitsalzen des Bades bleibt.

Geht die Anode mangels richtiger Leitsalzanionen nicht in dem Maße in Lösung, wie Metall durch die Elektrolyse an der Kathode abgeschieden wird, so spricht man von einem kleineren Wirkungsgrad (theoretisch soll dieses Verhältnis 1 : 1, der Wirkungsgrad also 1 sein!) des Bades. Das Bad verarmt in solchem Falle an Metall und erfordert dann entsprechende Zusätze, damit der normale Metallgehalt erhalten bleibt. — Man spricht in diesem Fall von einer Passivität des Anodenmateriales.

Allerdings gibt es so gut wie kein Bad, das praktisch mit einem Wirkungsgrad von 1,0 arbeitet, selbst wenn die Anode noch so schön in Lösung geht; man muß deshalb bei jedem Bad mit Zusätzen rechnen, bei einem Bad mehr, bei dem anderen weniger und das Bad wird der Praxis wertvoller sein, welches die geringsten Zusätze pro Jahr erfordert. Bei sauren

oder neutralen Bädern ist der Wirkungsgrad meist zwischen 0,9–0,95 und sei beispielsweise auf die sauren Kupferbäder, Zink-, Nickelbäder u. dgl. verwiesen; immer aber muß dabei vorausgesetzt werden, daß das Anodenmaterial einwandfrei beschaffen ist und sich nicht unnötigerweise und nutzlos verbraucht. Jedes Nickelbad z. B. erfordert ständig Zusätze und diese sind verhältnismäßig nur gering, wenn man bedenkt, was aus einem oft kleinen Badquantum im Laufe der Zeit herausgearbeitet wird. Die alkalischen, bzw. cyankalischen Bäder dagegen sind in dieser Beziehung weit komplizierter zu behandeln, denn man muß nicht nur mit komplizierteren Vorgängen an der Anode, sondern mit der leichteren Zersetzbarkeit dieser Substanzen rechnen. Dazu kommt noch, daß nicht immer ein Leitsalz, das an der Anode günstig wirkt, den Kathodenvorgang unterstützt, und Verfasser möchte an dieser Stelle nur wieder darauf hinweisen, keine unerprobten Rezepte zu verwenden, sondern sich an das Ausgeprobte zu halten.

Verkupfern.

Kupferniederschläge lassen sich sowohl in neutralen oder sauren als auch in alkalischen (cyankalischen) Bädern ausführen. Neutrale Bäder werden wohl nur sehr selten praktisch verwendet, bieten keinerlei Vorteile. Saure Kupferbäder finden nur Verwendung in jenen Fällen, wenn es sich um Darstellung starker Kupferniederschläge in kurzer Zeit handelt, wie in der Kupfergalvanoplastik und zum Überkupfern von Holz, Glas, Ton und Metallen, die sich dazu eignen oder entsprechend vorbereitet wurden.

In der Metallveredlungsindustrie werden fast ausnahmslos nur cyankalische Kupferbäder verwendet, denn die meisten Metalle eignen sich nicht zum direkten Überkupfern in saurer Lösung, dagegen können alle Metalle in nachfolgend angegebenen cyankalischen Lösungen mit Kupfer überzogen werden.

Viele Artikel, insbesondere die der Kunstmetallindustrie, die oft der Billigkeit wegen aus einem billigen Metall erzeugt werden, pflegt man verkupfert oder in Altkupfer-Imitation in den Handel zu bringen, um ihren Handelswert zu erhöhen, so Objekte

aus Eisen, Zink, Zinn, Blei u. ä. Eisen wird mitunter deshalb verkupfert, um es gegen Rost zu schützen; zutreffend ist dies aber nicht, denn Kupfer ist gegen Eisen elektronegativ, rostschützend wirkt aber nur ein gegen Eisen elektropositives Metall.

Meist wird das Verkupfern in unserer Industrie als Unterlage auf solche Metalle ausgeführt, welche mit einem Niederschlag versehen werden sollen, der direkt auf dem Grundmetall nicht haften würde oder nur mit Schwierigkeit ausführbar wäre.

Auf Eisen z. B. läßt sich Silber nicht direkt niederschlagen, es haftet nicht, deshalb wird es vorher verkupfert; Zink läßt sich schwierig direkt vernickeln, auch hier dient die Verkupferung als vermittelnde Zwischenlage.

Kupferbäder. Von den vielen existierenden Kupferbadzusammensetzungen sollen nachfolgend einige vorzugsweise empfohlen werden, die sich in der Praxis erprobt und am besten bewährt haben, und die allen normalen Anforderungen entsprechen.

Für alle Metalle, große und kleine Objekte empfiehlt Roseleur folgendes Universalbad, das speziell zur Verkupferung von Zink, Blei u. dgl. geeignet ist:

I. **Wasser** . . . . 1 l
Kohlensaures Natron, kristall. . . . 20 g
Saures schwefligsaures Natron . . 20 g
Essigsaures Kupfer, rein pulver. . . 20 g
Cyankalium 100 % . . . . 20 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung:
für Eisen . . . . 2,9 Volt
für Zink . . . . 3,4 „
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . 0,29 „
Stromdichte: . . . . 0,3 Amper
Badtemperatur: 15—20° Cels.
Konzentration: 7° Bé.
Spez. Badwiderstand: 1,94 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,019
Stromausbeute: 71 %
Niederschlagstärke in 1 Stunde: 0,00565 mm.

Bereitung des Bades:

1. Man ermittelt zunächst, wieviel Liter Bad die dafür bestimmte Wanne enthält, und berechnet nach obiger Zusammensetzung die erforderlichen Mengen Chemikalien.
2. Die Hälfte der für das Bad bestimmten Wassermenge wird kalt in die Wanne gegossen.
3. Das kohlensaure Natron wird im siebenfachen Wasserquantum 50° Cels. warm umrührend gelöst, kommt in die Wanne.
4. Das saure schwefligsaure Natron im achtfachen Wasserquantum 50° Cels. warm umrührend gelöst, wird der Lösung in der Wanne nach und nach zugesetzt und so lange umgerührt, bis das durch das Zusammengießen dieser beiden Lösungen entstandene Aufbrausen aufgehört hat.
5. Das essigsaure Kupfer wird im zehnfachen Wasserquantum kochend heiß und fleißig umrührend gelöst, mit der Lösung in der Wanne gut vermischt.
6. Das Cyankalium wird direkt in die in der Wanne befindliche Lösung eingetragen und so lange umgerührt, bis alles gelöst und die bisher blaue oder grünlich trübe Flüssigkeit wasserhell oder gelblich und klar geworden ist — das ist das fertige Kupferbad.

Sollte das Bad trotz energischem Umrühren nach vollständiger Auflösung des Cyankaliums noch eine grüne oder blaue Färbung zeigen, so müßte noch etwas Cyankalium zugegeben werden. Es wird jedoch, wenn das verwendete Cyankalium gut war und nicht etwa durch mangelhafte Aufbewahrung in schlecht oder gar nicht verschlossenen Gefäßen an Gehalt verloren hat, das vorgeschriebene Quantum vollkommen ausreichen.

Zur Bereitung sowohl als auch zur Korrektur der Kupferbäder ist nur das hochgradige 98- bis 100 prozentige reine Cyankalium zu verwenden, alle minderen Sorten auszuschließen.

Pfanhauser sen. hat die Verwendung der Metall-Doppel-Cyanide in der Galvanotechnik eingeführt und diese Produkte sind unstreitbar ein großer Vorteil in der Bereitung der cyan-

kalischen Bäder der Galvanotechnik geworden. Das Kupferbad hat folgende Zusammensetzung, geeignet für alle Metalle, große und kleine Objekte, es ist sehr verläßlich, ausgiebig und funktioniert dauernd gut. Das Bad gibt einen brillanten Niederschlag und die denkbar günstigste Stromausbeute.

II.		
	Wasser	1 l
	Kohlensaures Natron, kalziniert	10 g
	Schwefelsaures Natron, kalziniert	20 g
	Saures schwefligsaures Natron	20 g
	Cyankupferkalium	30 g
	Cyankalium 100 %	1 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung:
für Eisen . . . . 2,7 Volt
für Zink . . . . 3,2 „
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . 0,26 „
Stromdichte: . . . . 0,3 Amper
Badtemperatur: 15—20° Cels.
Konzentration: 7¾° Bé.
Spez. Badwiderstand: 1,75 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0184
Stromausbeute: 81 %
Niederschlagstärke in 1 Stunde: 0,00644 mm.

Bereitung des Bades:

1. Man ermittelt zunächst, wie viel Liter Bad die dafür bestimmte Wanne enthält, und berechnet nach obiger Zusammensetzung die erforderlichen Mengen der Chemikalien.
2. Die Hälfte der für das Bad bestimmten Wassermenge wird kalt in die Wanne gegossen, die das Kupferbad aufnehmen soll.
3. Das kohlensaure und das schwefelsaure Natron löse man fleißig umrührend im achtfachen Quantum warmem Wasser (50° Cels.) und gieße die Lösung in die Wanne.
4. Das saure schwefligsaure Natron wird im fünffachen Quantum warmem Wasser (50° Cels.) umrührend gelöst, langsam in die Wanne gegossen und so lange um-

gerührt, bis das beim Zusammengießen dieser beiden Lösungen entstehende Aufbrausen aufgehört hat.

5. Cyankupferkalium und Cyankalium werden zusammen im fünffachen Quantum warmen Wassers (50° Cels.) umrührend gelöst, der Lösung in der Wanne zugesetzt.

Schließlich wird die ganze Lösung in der Wanne tüchtig umgerührt und vermischt. Wenn alle Salze gelöst sind, ist das Kupferbad gebrauchsfertig.

Das Auflösen der Chemikalien muß mit warmem Wasser und fleißig umrührend ausgeführt werden. Der Gehalt an Cyankupferkalium kann selbstredend nach Belieben erhöht werden und es steigt mit Erhöhung des Gehaltes an Cyankupferkalium (auch durch Erhöhung der Temperatur) die obere Grenze der zulässigen Kathoden- und Anodenstromdichte.

Der Vollständigkeit wegen seien nachfolgend noch einige Kupferbadzusammensetzungen angegeben, es dem Praktiker überlassend, auch diese zu versuchen, obwohl Verfasser aus Erfahrung überzeugt ist, daß sie gegen die beiden erstangeführten Formeln keinerlei Vorteil bieten.

Nach Roseleur wird für Eisen und Stahl folgendes kaltes Kupferbad verwendet:

III.	**Wasser**	**1 l**
	Kohlensaures Natron, kristall. . . .	**40 g**
	Saures schwefligsaures Natron . .	**20 g**
	Essigsaures Kupfer, rein, pulver. . .	**20 g**
	Salmiakgeist	**15 g**
	Cyankalium 100%	**20 g**

Schneller arbeitet nach Roseleur folgende auf etwa 30 bis 50° Cels. angewärmte Lösung, die den Vorteil hat, daß man schon bei 2 Volt rasch arbeiten kann, weil bei der erhöhten Temperatur die Anode leichter in Lösung geht, d. h. die Polarisation verringert wird:

IV.	**Wasser**	**1 l**
	Kohlensaures Natron, kristall. . . .	**20 g**
	Saures schwefligsaures Natron . . .	**8 g**
	Essigsaures Kupfer, rein, pulver. . .	**20 g**
	Salmiakgeist	**12 g**
	Cyankalium 100%	**28 g**

Für Zinn, Eisen- und Zinkguß (warm oder kalt zu verwenden) hat Roseleur seine Vorschrift wie folgt abgeändert:

V.	**Wasser**	**1 l**
	Neutrales schwefligsaures Natron	**12 g**
	Essigsaures Kupfer, rein, pulver.	**14 g**
	Salmiakgeist	**8 g**
	Cyankalium 100 %	**10 g**

Für kleine Zinkgegenstände (Massenartikel), welche im Elektroplattierkorb verkupfert werden, ist ferner folgendes Bad in Anwendung:

VI.	**Wasser**	**1 l**
	Neutrales schwefligsaures Natron	**4 g**
	Essigsaures Kupfer, rein, pulver.	**18 g**
	Salmiakgeist	**6 g**
	Cyankalium 100 %	**28 g**

Manche Praktiker schwärmen für die Verwendung des leicht in Cyankalium löslichen Kupferoxyduls (Cupron) und sei eine brauchbare Vorschrift nachstehend angegeben:

VII.	**Wasser**	**1 l**
	Cupron (Kupferoxydul) 80 %ig	**7 g**
	Cyankalium 100 %	**20 g**
	Saures schwefligsaures Natron	**20 g**

Bei längerer Benützung dieses Bades bildet sich infolge der bei Metallverarmung nötig werdenden Zusätze von Cupron und Cyankalium ein wesentlicher Überschuß von Ätzkali, der sich für die Dauer als störend erweisen muß, wenn man nicht dauernd auch saures schwefligsaures Natron zusetzt.

Kupferbad mit Kupferdoppelsalz L.-P.-W.

Man stellt sich aus dem Kupferdoppelsalz L.-P.-W. durch einfaches Auflösen in reinem Wasser (man kann selbst kaltes Wasser hierbei verwenden) ein außerordentlich metallreiches Kupferbad her, das zur schweren Verkupferung aller Metalle dienen kann. Das Bad besteht aus:

VIII.	**Wasser**	**1 l**
	Kupferdoppelsalz L.-P.-W.	**75 g**

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung:
für Eisen . . . . **2,8 Volt**
für Zink u. dgl. . . . . **3,3 „**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . **0,32 „**
Stromdichte . . . . **0,4 Amper**
Badtemperatur: 15—20° Cels.
Konzentration: $7^1/_2$° Bé
Spez. Badwiderstand: 1,6 Ω.

Als Anoden eignen sich gleichgut Elektrolytkupferanoden als auch gegossenes Kupfer. Die Anoden lösen sich in diesem Bad außerordentlich leicht und fast quantitativ auf. Man hat für dieses Bad außerordentlich wenig Regenerierungszusätze nötig, und wenn sich ein Auffrischen erforderlich macht, so sind meist nur Kupfersalze erforderlich. Die Bedienung des Bades ist sehr einfach, die Funktion sicher. Die Niederschläge sind weich und nehmen nur sehr wenig Wasserstoff auf und haften deshalb auch gut auf der Unterlage.

Für leichtere Verkupferung, z. B. vor dem Vernickeln wird das Bad oft auch weniger konzentriert angewendet. Wenn aber mit solch schwachem Bade vorverkupfert wird, dann kann man auch nur schwache, und zwar sogenannte »direkte Glanzvernicklung« darauf folgen lassen, weil sonst der Nickelniederschlag beim Polieren abplatzt. Der Grund hierzu liegt darin, daß aus dünneren Kupferbädern speziell dann, wenn viel Leitsalze darin enthalten sind, der Kupferniederschlag viel Wasserstoff beigemengt erhält, der an den darauffolgenden Nickelniederschlag abgegeben wird, diesen also besonders spröde macht und ihm die Tendenz zum Abrollen verleiht. Dieses dünne Bad besteht dann aus:

IX. **Wasser** . . . . 1 l
Kupferdoppelsalz L.-P.-W. . . . . 50 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung:
für Eisen . . . . **2,8 Volt**
für Zink . . . . **3,3 „**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . **0,33 „**

Badtemperatur . . . . **0,3 Amper**
Konzentration: ca. 6 Bé
Spez. Badwiderstand: 2,2 *Ω*.

Die L.-P.-W.-Doppelsalze haben sich in der Galvanotechnik sehr rasch Eingang verschafft durch die Vorteile, die sie bieten. Es ist nicht jedermanns Geschmack, seine Bäder durch mühsames Auflösen verschiedener Salze, unter ängstlicher Einhaltung einer bestimmten Reihenfolge zu bereiten, und die Einfachheit, mit der man unter Anwendung der L.-P.-W.-Doppelsalze die Bäder bereiten kann, neben ihrer vorzüglichen Funktion im praktischen Gebrauch haben ihnen rasch die erste Stelle in der Technik vor vielen anderen Produkten ähnlicher Zusammensetzung verschafft. Der Vollständigkeit halber seien hier auch die ähnlichen »Trisalythsalze« Scherings und die Trysolsalze etc. erwähnt. Sie bieten gegen die L.-P.-W.-Doppelsalze aber keinerlei Vorteil.

Von Langbein stammt die Verwendung des Cuprocuprisulfites*) für Kupferbäder. Dieses Präparat löst sich ohne Cyangasbildung leicht in Cyankalium, denn es enthält genügend schweflige Säure, die zur Reduktion des Gehaltes an Cupriverbindungen erforderlich ist. Langbein nennt folgende Formeln für Kupferbäder bei Verwendung dieses Produktes:

X.	**Wasser**	1 l
	Cyankalium 99 %	24 g
	Ammoniaksoda	4 g
	Cuprocuprisulfit	12 g

oder

XI.	**Wasser**	1 l
	Cyankalium 60 %	40 g
	Cuprocuprisulfit	12 g

Kupferbäder ohne Cyankalium. Das Cyankalium ist naturgemäß vielen Gewerbetreibenden ein höchst unliebsames Produkt und die Suche nach Badvorschriften zum Galvanisieren ohne Cyankalium reicht schon weit zurück. Von den vielen Badvorschriften, die ohne Cyankalium arbeiten, konnte sich aber bisher keines Eingang in die Technik verschaffen. Die

*) In der Technik wird dieses Produkt vielfach als Cupron II bezeichnet.

Vorschriften, die mit sauren Bädern arbeiten, müssen wir ausschalten, denn aus solchen Bädern ist es nach dem im theoretischen Teil Gesagten unmöglich, auf die elektropositiven Metalle direkt einen festhaftenden Niederschlag zu erhalten.

W. E. Newton (1853) benutzte eine Lösung von Kupferacetat, Chlorammon und Salzsäure oder eine Lösung von Kupfercitrat in Citronensäure. Dies Bad soll zur Verkupferung von Eisen dienlich sein.

J. St. Woolrich (1842) verwendete zur Bereitung seines Bades eine Lösung von Kupfercarbonat in überschüssigem Kaliumsulfit.

M. Poole (1843) löste Kupfercarbonat in Alkalihyposulfit und setzte Soda zu. Zur leichteren Löslichkeit der Anoden erwärmte er sein Bad.

A. Gutensohn (1883) verwendete als erster die Phosphate und bereitete ein Bad aus Kupferphosphat und Natronlauge und setzte etwas Ammoniak zu. In warmem Zustande arbeitet das Bad nicht schlecht.

O. Gauduin, J. R. J. Mignon und St. H. Rouart (1872) empfahlen ein Bad, das saure Doppelsalze mehrbasischer organischer Säuren mit Kupferoxyd und Alkali enthält. Auch diese Lösung soll warm angewendet werden.

F. Weil (1864) stellte folgendes Bad zusammen:

XII.	**Wasser**	**1 l**
	Weinsaures Kalinatron	**150 g**
	Kupfervitriol	**80 g**
	Ätznatron 60 %	**80 g**

Auch Glyzerin kann zur Verhinderung der Fällung des Metallhydroxydes dienen.

A. Classen (1881) benutzt oxalsaure Doppelsalze. Solche Salze sind von Classen für die verschiedensten Metalle probiert worden. Zur Erlangung kompakter und glänzender Niederschläge ist es nicht einerlei, ob man die Kalium- oder Ammonium-Doppelsalze verwendet. Bei Verwendung der letzteren erscheinen die Niederschläge nicht kompakt und sind von unschöner Farbe, und besonders Kupfer wird leicht schwammig. Setzt man aber Kaliumoxalat in genüger Menge zu, so resul-

tiert sofort ein schönes Kupfer mit reinem Metallglanz. Zusatz von Soda begünstigt noch die Wirkung.

E. Jordis (1895) verwendet milchsaure Salze, die entweder direkt in Wasser aufgelöst den gewünschten Elektrolyten liefern, oder die erst durch Umsetzung zwischen einem mineralsauren Metallsalz mit einem milchsauren Alkali-, Endalkali- oder Metallsalz entstehen. Zusätze von Leitsalzen empfiehlt Jordis dazu, um die Metalle in schöner Farbe zu erhalten.

Bei der Kupferfällung arbeitet er mit Stromdichten von 0,3 Amper bei einer Badspannung von 0,8 Volt, ein Zeichen, daß das Bad fast ohne Polarisation arbeitet.

Er erhält z. B. durch Umsetzen von Kupfernitrat oder Sulfat mit Ammonlactat ein Kupferlactat, das mit 2 Molekülen Ammoniak ein komplexes Salz bildet. In dünner Schicht haftet der Niederschlag äußerst fest, dagegen reißt er in dickerer Schicht wie Nickel — ein Zeichen, daß sehr leicht Wasserstoff mit abgeschieden wird.

Allgemeines über Anoden für Kupferbäder. Man verwende nur elektrolytisch dargestelltes Kupfer mindest 5 mm stark als Anoden. Eingehende Untersuchungen des Verfassers haben erwiesen, daß elektrolytisch erzeugte Kupferanoden für die Funktionsdauer der Kupferbäder am günstigsten sind; vorsichtigerweise empfiehlt es sich, diese vor dem Gebrauch mit Wasser, frischgelöschtem Kalk und grobem Sand tüchtig zu scheuern, um Unreinheiten und anhaftendes Fett zu beseitigen, und die wirksame Fläche nicht zu verringern. Die glatte Lösung der Kupferanoden in den cyankalischen Bädern hängt in hohem Maße davon ab, daß die Anodenstromdichte (normale Temperatur vorausgesetzt) nicht zu hoch wird. Andernfalls gehen die Anoden leicht in den passiven Zustand über. Gegossene Kupferanoden (aus reinstem Hüttenkupfer) dienen auch recht gut; aber reines Kupfer ist ohne Zusätze schwer schmelzbar und insbesondere ist es sehr schwierig, im Handel ein wirklich reines Gußkupfer zu beschaffen.

Die im Handel vorkommenden Kupferbleche können, wenn der Lieferant deren Reinheit garantiert, in Ermanglung besser geeigneten Materials zur Not als Anoden verwendet werden, sind aber vorher gut auszuglühen und in Salpetersäure blank

zu beizen, um die Walzhaut zu beseitigen. Es ist aber Tatsache, daß gewalzte Kupferanoden weniger Kupfer abgeben und eine raschere Metallverarmung der Bäder verursachen, daher entschieden ungünstiger sind als die Originalelektrolyt- und Gußanoden.

Die Anodenfläche in Kupferbädern sei möglichst groß, keinesfalls kleiner als die im Bad hängende Warenfläche, wie dies oben bereits erwähnt wurde.

Das Einhängen der Anoden mittels Draht, wie es ältere Praktiker gewohnt sind, ist zu vermeiden, weil dies einen sehr schlechten Leitungskontakt bietet und viel Stromverlust verursacht; nur breite, blank gebeizte oder geschmirgelte Kupferstreifen mit Kupfernieten an die Anoden genietet, an den Enden hakenförmig den Anodenstangen anpassend rund gebogen (zum Aufhängen) bieten einen innigen Leitungskontakt und möglichst ungeschwächte Stromzirkulation.

Die Anoden können immer im Bad bleiben, auch wenn nicht gearbeitet wird.

Sehr wichtig ist es, das Verhalten (Aussehen) der Anoden im Bad während des Arbeitens zu beobachten; der verständige Praktiker kann dadurch viel profitieren, sowohl für die Dauer der Funktionsfähigkeit des Bades als auch für die Sicherung guter Verkupferungsresultate.

Wenn sich die Anoden mit einem dichten grünen Schlamm belegen, so ist das ein Anzeichen, daß die Anodenfläche für die angewandte Stromstärke zu klein ist, mit anderen Worten, die Stromdichte an der Anode war zu hoch. Man vergrößere die Anodenfläche und beseitige den Schlamm von den Anoden, indem man ihn mit einer Metallbürste in das Bad hineinbürstet. (Geringe Mengen solchen Schlammes sind nie zu vermeiden.)

Gleichzeitig entsteht oft unter diesem grünen Schlamm (basisches Kupfercyanid) ein kakaobrauner Anodenbelag in Form eines Häutchens, welcher nach dem eben angeführten Abbürsten des Schlammes zutage tritt; es ist dies durch Polymerisation der mit dem basischen Kupfercyanid gleichzeitig entstandenen Blausäure gebildetes Paracyan; dieses muß durch energisches Kratzen mit der Metallbürste, event. durch Abbeizen gründlich entfernt werden, weil es die Stromzirkulation hemmt, es ist das ein Zeichen dafür, daß Passivität des Anodenmetalls eingetreten ist.

Ist der an der Anode entstehende Belag fast weiß, und wächst er in unliebsamer Weise an, so ist das ein Zeichen, daß die Badschichte an der Anode arm an Cyankalium geworden ist, oder auch, daß dem Bad der erforderliche Gehalt an solchen Leitsalzen fehlt, deren Anionen die glatte Lösung des Anodenkupfers besorgen. Man rühre fleißig um, um das durch Stromwirkung entstandene Kupfercyanür (es kann auch Kupfersulfit mit dabei sein!) mit dem an der Ware in gleichem Maß freiwerdende Cyankalium zusammenzubringen. Sehr vorteilhaft wird dem Bad ein kleiner Überschuß an Cyankalium beigegeben, welcher gerade ausreicht, in dem Maß dem Kupfercyanür das zur Lösung zu Cyankupferkalium nötige Cyankalium zuzuführen, als die Diffusionsgeschwindigkeit des an der Ware freiwerdenden Cyankaliums zu gering ist. Es darf jedoch der Cyankaliumüberschuß nicht zu groß sein, da sonst die Kupferausscheidung leidet und die kathodische Stromausbeute sinkt.

Der zu große Überschuß an Cyankalium zeigt sich dadurch, daß die Anoden während des Betriebes metallblank bleiben, während sich normal diese stets mit einem ganz blaßgrünen, mäßig starken Schlamm teilweise bedecken, der die Stromzirkulation nicht schwächt. Dieser Schlamm löst sich bei ruhigem Stehen des Bades wieder auf, übrigens kann man dadurch etwas beschleunigend nachhelfen, daß man nach Unterbrechung des Betriebes die Anoden von dem Belag durch Abbürsten befreit, letzteren in das Bad zurückbringt und tüchtig umrührt. Der abgebürstete Schlamm wird sich größtenteils wieder lösen und so dem Bad wieder Kupfer zuführen. Durch Zusatz genügender Mengen von Sulfiten läßt sich außerdem ebenfalls eine glatte Lösung des Anodenkupfers bewirken.

Korrekturen der Kupferbäder. Bekanntlich verändern die Bäder nach einiger Zeit des Betriebes ihre chemische Beschaffenheit, funktionieren dann mehr oder weniger unregelmäßig und erfordern je nach der Art der Veränderung, die der Praktiker an gewissen Anzeichen erkennt, eine entsprechende Korrektur.

Wenn bei richtiger Badtemperatur, tadelloser Stromleitung und richtigen Stromverhältnissen die Verkupferung auffällig langsam oder unregelmäßig sich vollzieht, so ist dies ein

Anzeichen, daß das Bad kupferarm geworden ist; es ist Cyankupferkalium zuzusetzen, und zwar je nach der Metallverarmung weniger oder mehr davon, 5 bis 10 g per Liter, mit 5 g beginnend, bis die Funktion des Bades wieder befriedigt. Den Zusatz von Cyankupferkalium bewerkstelligt man in der Weise, daß man einen Teil des Kupferbades in einem emaillierten Eisentopf auf etwa 50° C erwärmt, das Cyankupferkalium darin umrührend vollkommen auflöst und dem Bad umrührend wieder zusetzt.

Wird bei nicht zu starkem Strom der Niederschlag unschön, pulverig matt, oder findet gar kein Niederschlag statt (tadellose Dekapierung der Ware und richtige Stromverhältnisse vorausgesetzt), so dürfte das Bad meist zu viel Cyankalium enthalten; es zeigt sich dies auch an dem Aussehen der Anoden, die während der Stromtätigkeit ganz blank bleiben. In diesem Falle setzt man der Lösung (energisch umrührend) Cyankupfer zu, welches aber vorher mit Wasser oder mit dem Bad zu einem dünnen Brei angerieben werden muß, weil es sich sonst sehr schwer lösen würde. Man trägt diesen Cyankupferbrei in kleinen Mengen nach und nach in das Bad ein (immer umrührend!), und zwar so viel, als sich leicht auflöst. Cyankupfer löst sich nur in einer, Cyankalium im Überschuß enthaltenden Lösung; in Wasser ist es unlöslich.

Wenn nach einiger Zeit des Gebrauches das Kupferbad bläulich oder grünlich wird, so ist das ein Zeichen, daß es an Cyankalium fehlt; gleichzeitig zeigen sich die Anoden während der Untätigkeit dick belegt mit blaßgrünem Schlamm, das ist größtenteils Kupfercyanür. Es ist unter Umrühren so viel Cyankalium im Bad aufzulösen, bis die Lösung wieder wasserhell oder gelblich geworden. Die Anoden sind rein zu bürsten, der abgebürstete Schlamm kommt wieder in das Bad und wird umrührend darin aufgelöst.

Es möge aber nicht zuviel Cyankalium zugesetzt werden; ein zu großer Überschuß davon ist nachteilig, insbesondere beim Verkupfern von Eisen und Stahl, es kann sogar das Bad die Funktion versagen.

Blasige Kupferniederschläge, die leicht abspringen, werden meist dadurch verursacht, daß das Grundmetall im Kupfer-

bade stark angegriffen wird. Es kommt dies fast nur bei Weichmetallen vor, aber auch beim Eisen- und Stahlverkupfern begegnet man dieser Erscheinung Man tut am besten, für solche Metalle besondere Bäder zu benutzen, wenn man nicht durch geeignete Vorbehandlung die zu verkupfernden Metalle passivieren kann.

Die Funktionsdauer der Kupferbäder kann sich auf mehrere Jahre erstrecken, wenn die Lösungen gut gehalten und nicht durch Verwendung ungeeigneter oder unrichtiger Chemikalien oder sonstwie gewaltsam verdorben werden.

Daß mit der Zeit alle Cyankaliumlösungen durch die Umsetzung des Cyankaliums in Ätzkali und Pottasche an Konzentration zunehmen und diese endlich so hoch wird, daß die Lösung nicht mehr gebrauchsfähig ist, durch eine neue ersetzt werden muß, das ist eine Tatsache, an der sich nichts ändern läßt.

Manipulation beim Verkupfern. Die bei den Badzusammensetzungen angegebenen Stromverhältnisse wurden vom Verfasser genau bestimmt, bei deren Einhaltung wird man praktisch ganz sicher arbeiten, wenn alle sonstigen Bedingungen zur Sicherung guter Resultate (Dekapierung usw.) erfüllt sind. Der Niederschlag wird auch bei längerer Elektroplattierdauer schön kupferrot, glänzend bleiben ohne viel Kratzerei.

Man kann auch mit höheren Stromverhältnissen arbeiten, d. h. mit höherer Badspannung und Stromdichte und wird tatsächlich rascher einen stärkeren Niederschlag erzielen, aber einen Vorteil wird dies nicht bieten, denn der Niederschlag wird alsbald pulverig, dunkel und mißfarbig ausfallen (überschlagen), erfordert ein mehrmaliges Kratzen und Brillantieren, um brauchbar zu sein. Eine Beschleunigung in der Verkupferung kann man nur durch Erhöhen der Badtemperatur, bzw. durch Erhöhung des Metallgehaltes oder durch beide Maßnahmen zu gleicher Zeit erreichen.

Nach der Beschickung der Bäder mit den Waren wird man diese etwa 5 bis 10 Minuten verkupfern und sich nun überzeugen, ob sie allseitig und gleichförmig mit Kupfer überdeckt sind; wenn man nicht ganz sicher ist, daß die vorausgegangene Dekapierung eine tadellos vollkommene war (bei

regem Fabrikbetrieb können ja sehr leicht Mängel vorkommen), überzeugt man sich, indem man die Objekte mit einer nicht allzu scharfen Eisendrahtbürste (etwa 0,1 bis 0,15 mm Drahtstärke) allseitig und gründlich kratzt; bei mangelhafter Dekapierung wird der Niederschlag sich hierbei stellenweise ablösen.

Die auf diese Art nachgereinigten Objekte werden nach Abspülung mit Weinsteinwasser tüchtig abgebürstet, in reinem Wasser gründlich gewaschen und ausverkupfert. Bei tadelloser Dekapierung und richtigen Stromverhältnissen wird ein weiteres Kratzen überflüssig sein.

Je nachdem die Gegenstände mehr oder weniger stark verkupfert werden sollen, regelt man die Elektroplattierdauer; dient der Kupferniederschlag nur als vermittelnde Zwischenlage für einen nachfolgenden Niederschlag, so wird in den meisten Fällen eine Einhängedauer von 15 bis 30 Minuten ausreichen. In manchen Fällen genügt aber mitunter schon die Zeit von 2 bis 5 Minuten. Sollte der Niederschlag durch irgend ein Versehen bzw. durch zu langes Hängen des Gegenstandes im Bade matt ausgefallen sein, so ist das Kratzen, wie oben erklärt, zu wiederholen und die Gegenstände noch naß der weiteren Elektroplattierung zuzuführen; jedenfalls ist die Vorsicht zu beachten, daß keine Spuren der Kupferbadlösung auf dem Gegenstand, in dessen Poren oder Hohlräumen zurückbleiben, wodurch das Bad, in das das vorverkupferte Stück eingebracht wird, verdorben werden könnte.

Sollen die Objekte verkupfert in den Handel gebracht werden, so wird man im Interesse der Haltbarkeit und Solidität die Verkupferungsdauer entsprechend verlängern, die fertig verkupferten Waren, wenn nötig, nochmals kratzen, schließlich rein waschen und in bekannter Weise vollkommen trocknen.

Recht empfehlenswert ist es, die verkupfert bleibenden Gegenstände noch mit Schlämmkreide trocken abzubürsten oder abzureiben, wodurch der Kupferniederschlag brillantiert wird.

Weil Kupfer den Einflüssen der Luft unterworfen ist, bald oxydiert oder patiniert, ist es zweckmäßig, um dies zu

verhindern, die Gegenstände mit einem farblosen Lack zu überziehen.

Selbstredend kann man in cyankalischen Bädern ebenso stark verkupfern, wie dies in sauren Bädern möglich ist, doch geht die Niederschlagsarbeit etwas langsamer vor sich. Helfend greift hier das elektrochemische Äquivalent des Kupfers in cyankalischer Lösung ein; es ist bekanntlich doppelt so groß als das in saurer Lösung.

Wird die Verkupferung mit Elementen ausgeführt (mit Bunsenelementen oder Tauchbatterie), so sind dazu drei Elemente (siehe Figur 77 und Seite 238), ev. drei Gruppen parallel geschalteter Elemente auf Spannung zu verbinden.

Bis zu einer Warenfläche von:	verwende man drei auf Spannung verbundene Elemente mit einer wirksamen Zinkfläche von ungefähr:
20 qdm	5,8 qdm
35 „	7,9 „
40 „	12,4 „
usf.	usf.

Für Verkupferung von Zinkobjekten ist noch ein Element beziehungsweise eine Gruppe parallel geschalteter Elemente auf Spannung zuzuschalten.

Bezüglich der Einrichtung und des Betriebes mit Elementen sei auf das Kapitel »Betrieb mit Elementen«, Seite 235 verwiesen. Über Eintauchverkupferung siehe das betr. Kapitel weiter hinten.

Altkupfer.

Sog. Altkupfer wird erzeugt durch Schwefelung des Kupfers oder eines soliden Kupferniederschlages in einer kochenden Lösung, bestehend aus:

Wasser	1 l
Schwefelleber	25 g
Salmiakgeist	10 g

wodurch sich an der Oberfläche schwarzes Schwefelkupfer bildet, das man an jenen Stellen, wo man Kupfer wieder

bloßlegen will, durch Abreiben mit einem in schwache Cyankaliumlösung getauchten Lappen oder durch Abbürsten mit rohem Weinstein und Wasser teilweise oder ganz wieder entfernt.

Auch durch Aufbürsten einer Mischung von Graphit und Terpentingeist, erforderlichen Falles auch noch mit Blutstein oder rotem Ocker versetzt, werden namentlich große figurale Kupferobjekte »alt« gemacht.

Schließlich können auch wie bei der Herstellung von Altsilber Niederschläge auf elektrolytischem Wege verwendet werden, die man teilweise durchreibt. Als solche Bäder gelten Schwarznickelbäder u. dgl., ferner Arsen- und Antimonbäder.

Vermessingen.

Messingniederschläge werden fast ausschließlich nur in cyankalischen Bädern ausgeführt.

Eine große Rolle spielt das Vermessingen als Unterlage auf solche Metalle, welche mit einem Niederschlag versehen werden sollen, der direkt auf dem Grundmetall nicht haften würde oder nur mit Schwierigkeit ausführbar wäre.

Messing läßt sich nämlich auf alle Metalle niederschlagen, dient daher meistens ebenso wie die Verkupferung als vermittelnde Zwischenlage; Verfasser gibt aber der Vermessingung entschieden den Vorzug, und zwar aus folgenden Gründen:

Als Unterlagsmetall deckt sich mit dem darauf folgenden Niederschlag das gelbe Messing rascher als das rote Kupfer und bei Abnützung elektroplattierter Gegenstände wird, wenn ja der Metallniederschlag stellenweise abgenützt ist, die Messingfarbe nie so unschön durchschlagen als Kupfer.

Von ganz besonderem Wert ist das Vermessingen bei Eisen- und Stahlgegenständen, die gegen das Rosten geschützt werden sollen; bisher war es wohl ziemlich allgemein üblich, dies durch Verkupfern zu erreichen, aber ein Kupferniederschlag schützt nicht gegen Rost, es wurde dies im Kapitel »Theoretische Winke für den Elektroplattierer« und im Kapitel »Verkupfern« bereits erklärt.

Die rostschützende Wirkung eines Messingniederschlages kann nur durch dessen Gehalt an Zink erklärt werden; bekanntlich wirkt rostschützend nur ein gegen Eisen elektropositives Metall, und solches ist Zink, u. z. auch in seiner Legierung mit Kupfer im Messing. Auf den ersten Blick scheint diese Behauptung dem Elektrochemiker unhaltbar, da Messing nicht entfernt das Potential des Zinkes zeigt, sondern sich weit mehr dem Kupfer nähert. Die Wirkung des elektrolytisch ausgeschiedenen Messings als Rostschutz speziell unter einem darauffolgenden Nickelniederschlag findet aber sofort eine Erklärung, wenn man die leichte Legierungsbildung zwischen Kupfer und Nickel betrachtet. Verfasser konnte beobachten, daß elektrolytisch abgeschiedenes Messing seinen Kupfergehalt zum größten Teil an das darübergelagerte Nickel abgibt, während das Zink als Zwischenlage mit ganz wenig Kupfer übrigbleibt und solcherart seine rostschützende Wirkung ausüben kann. Löst man starke Reinnickelniederschläge, die auf Eisen nach vorhergegangener Vermessingung aufgetragen wurden, nach längerer Zeit oder nach kräftigem Erwärmen des betr. Gegenstandes ab, so kann man im Nickelniederschlag bedeutende Mengen von Kupfer nachweisen, während man auf dem Objekt aus Eisen keinerlei Färbung mehr erkennen kann, die auf Messing schließen ließe.

Um den Glanz von Messingniederschlägen zu erhöhen, wird vielfach Arsenik den Bädern zugesetzt, doch muß damit sehr vorsichtig umgegangen werden, da man leicht Gefahr läuft, die Farbe des Niederschlages zu beeinträchtigen, d. h. die Niederschläge werden in solchem Falle leicht fahl und unansehnlich.

Über die Farbe der Messingniederschläge wird zum Teil weiter unten gesprochen werden. Als allgemein kann man annehmen, daß die schöne gelbe Messingfarbe dann erzielt wird, wenn Kupfer- und Zinksalze in ungefähr gleichen Mengen im Bade vorhanden sind. Bei Mangel an Kupfer bis zu einer gewissen Grenze wird der Niederschlag sogar röter, und erst wenn sich das Verhältnis von Kupfer zu Zink bis auf 1 : 7 verschoben hat, wird der Niederschlag (sonst normale Zusammensetzung vorausgesetzt!) weißlich. Dagegen

erhält man bei einem Verhältnis zwischen Kupfer und Zink von 5 : 2 einen hellgelben, ins Grünliche spielenden Ton etc.

Diese Farbtöne stellen sich aber nicht immer gleichartig ein, sondern erleiden eine Verschiebung nach gelbgrün oder tombakrot, je nachdem der Gegenstand mehr oder weniger stark bewegt wird. Ruhende Bäder, in denen die zu vermessingenden Gegenstände längere Zeit exponiert werden, liefern noch die gleichmäßigsten Niederschläge. Schwieriger ist es dagegen, eine bestimmte Tönung des Messingniederschlages auf Massenartikeln zu erhalten, wenn diese in rotierenden Trommelapparaten in Massen galvanisiert werden sollen. Bei größerer Umfangsgeschwindigkeit der Trommel wird dann zumeist ein helleres Messing erhalten, bei verringerter Geschwindigkeit ein röteres. Dies hängt mit dem Austausch der die Waren umgebenden Lösungsschichten zusammen, der selbstredend bei größerer Umdrehungsgeschwindigkeit intensiver ist als bei kleinerer, so daß immer wieder genügend Kupfersalze im richtigen Mischungsverhältnis zu Zinksalzen an die Waren gebracht werden.

Ähnliche Verhältnisse stellen sich auch durch intensivere Strömung der Lösungsschichten an ruhig im Bade hängenden Objekten dann ein, wenn die Stromdichte vergrößert wird. Doch tritt ein komplizierterer Faktor in der spez. Zähigkeit der Lösung hinzu. Dickere, also konzentriertere Lösungen werden erst bei wesentlich gesteigerter Stromdichte eine intensivere Durchmischung durch Strömung erfahren, und so sehen wir, daß Messingbäder nach jedem einigermaßen bedeutenden Zusatz an Chemikalien andere Arbeitsverhältnisse erfordern, damit sie die gewünschten Farbtöne wieder ergeben, und man kann gar nicht genug davor warnen, zu Messingbädern Zusätze größeren Stiles zu machen, ohne sich vorher durch eine genaue Untersuchung über die eingetretenen Veränderungen in der Zusammensetzung ein Bild gemacht zu haben.

Das Abplatzen der Messingniederschläge. Mehr als bei irgendeinem anderen Bade macht sich beim Messingbad die unangenehme Erscheinung bemerkbar, daß der Niederschlag Blasen zieht. Diese Eigentümlichkeit ist in der Natur des Elektrolyten begründet und beruht auf der Wasserstoffent-

wicklung bzw. Blausäureentwicklung am Grundmetall. Man beobachtet diese Blasenbildung fast ausschließlich beim Vermessingen von Eisen, gleichviel ob in erwärmten oder kalten Messingbädern gearbeitet wird. Speziell Eisen und Stahl reagieren nur zu leicht mit den Komponentsalzen, die ein Messingbad bilden, und es kommen noch die verschiedenen Legierungssubstanzen störend hinzu, die beim Gießen des Eisens in diesem enthalten sind. Es werden stets Spuren von Elektrolyt durch den Niederschlag eingeschlossen, und zwar um so mehr, mit je höherer Stromdichte gearbeitet wird und je poröser an und für sich das zu vermessingende Stück ist. Die sich entwickelnden Gase erreichen aber einen nicht geahnten Druck von vielen Atmosphären und können selbst starke Niederschläge in Form von Blasen vom Grundmetall (Eisen) abtrennen. Auch die Wasserstoffentwicklung, die sich im cyankalischen Messingbad an Eisenobjekten speziell bei Überschuß von Cyankalium oder anderen Leitsalzen bemerkbar macht, trägt zu dieser Erscheinung vermutlich bei. Es ist leicht erklärlich, daß das Eisen bei der fortlaufenden Wasserstoffentladung solches Gas (es ist dies eine nachgewiesene Eigenschaft des Eisens!) aufnimmt und erst dann langsam abgibt, bis es mit Messing überzogen ist, die Eisenwasserstofflegierung also keine neue Nahrung erhält und langsam unter Abgabe gasförmigen Wasserstoffes zerfällt.

Es kann aber sogar vorkommen, daß durch übermäßig gesteigerte Stromdichte und andere Begleitumstände Wasserstoff gasförmig innerhalb des Messingniederschlages selbst in Blasenform zur Ablagerung kommt und man kann dann sogar ein Spratzen und lautes Knistern im Bade hören.

Als wirksamstes Mittel hat sich hier in allen Fällen eine vorhergehende solide Verzinkung des Eisens erwiesen, auch eine starke Vernickelung hilft meist, doch sind die Resultate bei vorhergehender Verzinkung sicherer. Je nach der Natur des Grundmetalles kann man sich auch durch geeignete chemische Vorbehandlung der zu vermessingenden Gegenstände gegen dieses Abplatzen des Niederschlages schützen, wie z. B. durch Abbeizen der Objekte, Gelbbrennen, Behandlung mit Salpetersäure u. dgl.

Das Abplatzen oder »Blasigwerden« der Messingniederschläge kommt aber auch bei anderen Metallen wie Eisen als Grundmetall vor und hat dann meist seine Ursache in einem Überwiegen der Leitsalze gegen die eigentlichen Metallsalze. Man muß dann solche Bäder verdünnen und Metallsalze zusetzen, jedenfalls dafür sorgen, daß nicht zu viel freies oder aus Alkalikarbonaten oder Cyaniden abgespaltenes Ätzalkali im Bade ist.

Von den vielen existierenden Messingbäderzusammensetzungen sollen nur diejenigen empfohlen werden, die in der Praxis erprobt sich am besten bewährt haben.

Ungeeignete Rezepte. Die Herstellung von Metallegierungen durch Elektrolyse wässeriger Lösungen ist für Messing wohl am besten durchgebildet, und die Vermessingung unterliegt heute gar keinen Schwierigkeiten mehr. Leider haben sich viele Unberufene daran gemacht, Rezepte für galvanische Messingbäder zu publizieren oder solche Bäder gar in den Handel zu bringen, ohne daß sie die nötige Erfahrung, geschweige denn die Fähigkeit hierzu besitzen. Manche dieser Leute glauben, schon ein Messingbad auf den Markt bringen zu dürfen, wenn eine kleine Probe von wenigen Litern zufriedenstellende Resultate ergibt. Im großen oder unter anderen Verhältnissen arbeitend, versagen diese Bäder meist direkt oder schon nach kürzester Zeit, ohne daß der unglückliche Besitzer eines solchen Bades dann in die Lage kommen kann, das Bad zur richtigen Funktion zu bringen. In seiner geschäftlichen Praxis sind dem Verfasser solche Fälle ungezähltemal vorgekommen, und wenn es geglückt ist, solche Bäder zum Arbeiten zu bringen, so sind meist so viele und oft kostspielige Zusätze oder Manipulationen notwendig, daß ein solches Bad schließlich doppelt so teuer kommt, als wenn es selbst zu höherem Preise von fachkundiger Seite geliefert worden wäre.

Es sei an dieser Stelle nochmals auf die Metalldoppelsalze der Langbein-Pfanhauser Werke, A.-G. hingewiesen, die die sichersten Resultate liefern und die gleichzeitig den Fabrikanten instand setzen, sich gute Bäder billigst zu beschaffen.

Technische Messingbäderrezepte. Von den bestehenden Vorschriften zur Bereitung der Messingbäder seien folgende als gut erprobt angeführt.

Roseleur empfiehlt für alle Metalle, große und kleine Objekte folgendes allerdings etwas umständlich zu bereitendes Messingbad:

I.	**Wasser**	1 l
	Kohlensaures Natron, kalziniert	10 g
	Saures schwefligsaures Natron	14 g
	Essigsaures Kupfer, rein pulver.	14 g
	Chlorzink, geschmolzen, säurefrei	14 g
	Cyankalium 100%	40 g
	Chlorammon, kristall.	2 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung:
für Eisen . . . . 2,7 Volt
für Zink . . . . 3,2 „
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . 0,2 „
Stromdichte . . . . 0,3 Amper
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: $7\frac{1}{2}$° Bé
Spez. Badwiderstand: 1,36 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0205
Stromausbeute: 65 %
Niederschlagstärke in 1 Stunde: 0,00409 mm.

Das Bad gibt recht weiche Niederschläge, die speziell für Vermessingung von Zink sehr geeignet sind, und werden besonders dort angewendet, wo eine solide polierfähige Vernicklung hinterher stattfinden soll.

Bereitung des Bades:

1. Man ermittelt zunächst, wie viel Liter Bad die dafür bestimmte Wanne enthält, und berechnet nach obiger Zusammensetzung die erforderlichen Chemikalien.
2. Die Hälfte der für das Bad bestimmten Wassermenge wird kalt in die Wanne gegossen.
3. Das kohlensaure Natron wird im 20-fachen Wasserquantum 50° C warm umrührend gelöst, kommt in die Wanne.

4. Das saure schwefligsaure Natron wird der Lösung in der Wanne nach und nach zugesetzt und so lange umgerührt, bis das dabei entstandene Aufbrausen aufgehört hat.
5. Das essigsaure Kupfer und das Chlorzink werden zusammen im zehnfachen Wasserquantum kochend heiß und fleißig umrührend gelöst, mit der Lösung in der Wanne gut vermischt.
6. Das Cyankalium wird direkt in die in der Wanne befindliche Lösung eingetragen und so lange umgerührt, bis alles gelöst und die bisher blaue oder grünlich trübe Flüssigkeit wasserhell oder gelblich und klar geworden ist.
7. Schließlich wird das Chlorammon im zehnfachen Wasserquantum gelöst, in die Wanne gegossen, gründlich vermischt — das ist das fertige Messingbad.

Sollte das Bad trotz energischen Umrührens nach vollständiger Auflösung des Cyankaliums noch eine grüne oder blaue Färbung zeigen, so müßte noch etwas Cyankalium zugegeben werden. Es wird jedoch, wenn das verwendete Cyankalium gut war und nicht etwa durch mangelhafte Aufbewahrung in schlecht oder gar nicht verschlossenen Gefäßen an Gehalt verloren hat, das vorgeschriebene Quantum vollkommen ausreichen.

Zur Bereitung sowohl als auch zur Korrektur der Messingbäder ist nur das hochgradige 98- bis 100prozentige reine Cyankalium zu verwenden, alle minderen Sorten auszuschließen.

Aus dem Laboratorium der Langbein-Pfanhauser-Werke stammt das L.-P.-W. Messingbad.

Dieses Bad ist äußerst bequem herzustellen, da man nur das fertig präparierte Salz, das alle für den Vermessingungs-Prozeß nötigen Komponenten in nach wissenschaftlich genau ermitteltem richtigen Verhältnis besitzt. Das Bad zeichnet sich vor allen anderen Bädern besonders durch

stets gleichmäßige Farbe des Niederschlages,
geringsten spez. Badwiderstand,
leichte und fast theoretische Auflösung des Anodenmateriales,
sparsames Arbeiten und
einfache Regenerierung

aus. Das Bad wird für solide Vermessingung wie folgt angesetzt:

II. Wasser . . . . 1 l
Messingdoppelsalz L.-P.-W. . . . . . . 75 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung:
für Eisen . . . . 3,2 Volt
für Zink u. dgl. . . . . 3,7 „
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . 0,42 „
Stromdichte . . . . 0,5 Amper
Badtemperatur: 18—20° C
Konzentration: $6^1/_2$° Bé
Spez. Badwiderstand: 1,55 Ω
Stromausbeute: 70%.

Die allgemeinen Erscheinungen, Störungen in Messingbädern sowie deren Abhilfe gelten auch hierfür und sei deshalb darauf verwiesen.

Für leichtere Vermessingung genügt es auch, bei dem bedeutenden Metallgehalt der L.-P.-W.-Doppelsalze das Messingbad wie folgt anzusetzen.

III. Wasser . . . . 1 l
Messingdoppelsalz L.-P.-W. . . . . . . 50 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung:
für Eisen . . . . 3,25 Volt
für Zink u. dgl. . . . . 3,75 „
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . 0,4 „
Stromdichte . . . . 0,3 Amper
Badtemperatur: 18—20° C
Konzentration: $5^1/_2$° Bé
Spez. Badwiderstand: 2,65 Ω
Stromausbeute: 68—70%.

Die L.-P.-W. Messingbäder zeichnen sich vor allen anderen Messingbädern besonders durch konstantes gleichmäßig gutes Arbeiten aus, was vorzugsweise durch die leichte Löslichkeit des Anodenmaterials in diesem Bade bedingt wird. Als Anoden

verwendet man am besten die »Spezial-Guß-Messinganoden«, die sich im Bade nur mit einem ganz schwachen Schlamm belegen und dem Bade fast ebensoviel Messing zuführen, wie an der Kathode abgeschieden wird.

Die L.-P.-W. Doppelsalze für Vermessingung ermöglichen auch die Herstellung ganz besonders dicker Niederschläge, wie solche beispielsweise für die schwere Vermessingung eiserner Türbeschläge und von Automobilteilen verlangt wird. Solche Artikel, die dem täglichen Gebrauch ausgesetzt sind und oft sehr rücksichtslosen Putzarbeiten unterworfen werden, müssen eine besonders haltbare Messingschicht erhalten, und dafür ist das L.-P.-W. Messingdoppelsalz tatsächlich unübertroffen. Diese Artikel erfordern allerdings spezielle Kunstkniffe, doch ist die Arbeit bei Einhaltung der gegebenen Spezialvorschriften ohne nennenswerte Schwierigkeit auszuführen.

Werden diese Messingbäder schwach erwärmt, was oftmals wünschenswert erscheint, weil der Niederschlag dadurch duktiler wird, so muß man sich mit einer häufigeren Regenerierung abfinden, ein kleiner Nachteil, der durch die auf der anderen Seite gebotenen Vorteile mehr als kompensiert wird.

Damit der Messingniederschlag speziell auf Eisen und Stahl ohne Blasenbildung erfolgt, ist es nötig, diese Objekte vorher mit Salpetersäure zu beizen.

Pfanhauser sen. hat die von ihm in die Galvanotechnik eingeführten Cyankalium-Doppelsalze zu seinem Messingbad mit großem Erfolg verwendet. Es ist geeignet für alle Metalle, große und kleine Objekte, sehr verläßlich, ausgiebig und funktioniert dauernd gut. Gibt einen brillanten Niederschlag und günstigste Stromausbeue.

IV.		
	Wasser	**1 l**
	Kohlensaures Natron, kalziniert	**14 g**
	Schwefelsaures Natron, kalziniert	**20 g**
	Saures schwefligsaures Natron	**20 g**
	Cyankupferkalium	**20 g**
	Cyanzinkkalium	**20 g**
	Cyankalium 100 %	**1 g**
	Chlorammon	**2 g**

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung:
für Eisen . . . . **2,7 Volt**
für Zink u. dgl. . . . . **3,2 „**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . **0,23 „**
Stromdichte . . . . **0,3 Amper**
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: 9° Bé
Spez. Badwiderstand: 1,5 Ω
Temperaturkoëffizient: 0,019
Stromausbeute: 73 %
Niederschlagsstärke in 1 **Stunde:** 0,00467 mm.

Bereitung des Bades:

1. Die Hälfte der für das Bad bestimmten Wassermenge wird kalt in die Wanne gegossen, die das Messingbad aufnehmen soll.
2. Das kohlensaure und das schwefelsaure Natron löse man fleißig umrührend im fünffachen Quantum warmen Wassers (50° C) und gieße die Lösung in die Wanne.
3. Das saure schwefligsaure Natron wird mit dem fünffachen Quantum warmen Wassers (50° C) umrührend gelöst, langsam in die Wanne gegossen und so lange umgerührt, bis das beim Zusammengießen dieser beiden Lösungen entstehende Aufbrausen aufgehört hat.
4. Cyankupferkalium, Cyanzinkkalium und Cyankalium werden zusammen im fünffachen Quantum warmen Wassers (50° C) umrührend gelöst, der Lösung in der Wanne zugesetzt.
5. Schließlich wird das Chlorammon im $12^1/_2$fachen kalten Wasser gelöst, auch in die Wanne gebracht und die ganze Lösung tüchtig umgerührt und vermischt.

Wenn alle Salze gelöst sind, ist das Bad gebrauchsfertig.

Der Vollständigkeit wegen seien nachfolgend noch einige Messingbäderzusammensetzungen angegeben, es dem Praktiker überlassend, auch diese zu versuchen.

Für glänzende Vermessingung schlug Roseleur folgendes Bad vor, und zwar für alle Metalle, kalt oder warm zu verwenden.

V.	Wasser		1 l
	Kupfervitriol	Separat zu lösen!	15 g
	Zinkvitriol	Nur der Niederschlag	15 g
	Soda, kristall.	wird verwendet!	40 g
	Saures schwefligsaures Natron		20 g
	Soda, kristall.		20 g
	Cyankalium 100 %		20 g
	Arsenige Säure, pulver.		0,2 g

Für Eisen, Stahl und Gußeisen, die möglichst in kalten Messingbädern bearbeitet werden sollen, hat Roseleur folgendes Bad zusammengesetzt:

VI.	Wasser	1 l
	Soda, kristall.	100 g
	Saures schwefligsaures Natron	20 g
	Essigsaures Kupfer, rein, pulver.	12 g
	Chlorzink, neutral geschmolzen	10 g
	Cyankalium 100 %	40 g
	Arsenige Säure	0,2 g

Roseleurs kaltes Messingbad für Zink:

VII.	Wasser	1 l
	Neutral schwefligsaures Natron	28 g
	Essigsaures Kupfer, rein, pulver.	14 g
	Chlorzink, neutral geschmolzen	14 g
	Salmiakgeist	16 g
	Cyankalium 100 %	30 g

Langbeins Messingbad. Wie für Kupferbäder läßt sich auch für die Darstellung von Messingbädern Cuprocuprisulfit vorteilhaft verwenden. Nach Langbein verwendet man folgende Vorschrift hierzu:

VIII.	**Zinkvitriol, krist. rein**	**16 g**
	Kohlensaures Natron, krist.	**20 g**
	Doppeltschwefligsaures Natron, pulv.	**12 g**
	Ammoniaksoda	**15 g**
	Cyankalium 99 %	**30 g**
	Cuprocuprisulfit	**9 g**
	Wasser	**1 l**

Badspannung bei 10 cm Elektrodenentfernung . . . **2,8 Volt**
Stromdichte . . . . **0,3 Amper**

Die Bereitung des Bades geschieht folgendermaßen: Man löst den Zinkvitriol in $^1/_2$ l Wasser, das kristallisierte kohlensaure Natron in 0,4 l warmen Wassers und vermischt beide Lösungen. Nach vollständigem Absetzen des gebildeten Niederschlages von kohlensaurem Zink hebert man die überstehende klare Lauge bis auf einen möglichst geringen Rest ab und gießt die Lauge weg. In je $^1/_2$ l Wasser pro 1 l fertigen Bades löst man das doppeltschwefligsaure Natron, die Ammoniaksoda und das Cyankalium auf, trägt das Cuprocuprisulfit unter Umrühren ein und gießt, wenn sich dieses gelöst hat, den Niederschlag von kohlensaurem Zinkoxyd hinzu.

Man kann natürlich auch aus anderen Kupfer- und Zinkpräparaten Messingbäder herstellen, so z. B. aus Cupron (Kupferoxydul), aus den einfachen Metallcyaniden usw., doch sei hierauf an dieser Stelle nur kurz hingewiesen; dem Praktiker werden natürlich diejenigen Vorschriften zum Ansetzen seiner Messingbäder am liebsten sein, die sich durch einfache Handhabung auszeichnen, und will Verfasser daher von der Anführung weiterer Rezepte Abstand nehmen, da diese durchweg komplizierter sind und keinesfalls nennenswerte Vorteile bieten, dem Praktiker aber nur die Wahl erschweren und ihn verwirren. Als

Anoden für Messingbäder verwende man nur gegossene Messinganoden aus sieben Teilen reinstem Hüttenkupfer und drei Teilen reinstem Hüttenzink, mindestens 5 mm dick, mit angenieteten breiten Messingstreifen aus Hartmessing und mit gutem Leitungskontakt eingehängt. Vor der ersten Ver-

wendung der Anoden sind diese mit grobem Sand und Wasser tüchtig zu scheuern oder in Salpetersäure blank zu beizen und mit Wasser gründlich abzuspülen, dann längere Zeit in verdünnter Schwefelsäure zu beizen, schließlich in die Gelbbrenne oder in vierziggrädige Salpetersäure einzutauchen, um die harte Gußhaut zu beseitigen, die den elektrolytischen Prozeß stören würde. Diese harte Gußhaut widersteht aber hartnäckig der Einwirkung der Säuren; billiger wird deren Entfernung mittels Sandstrahlgebläse bewerkstelligt, wenn diese Einrichtung vorhanden ist.

Eingehende Untersuchungen des Verfassers haben erwiesen, daß gegossene Messinganoden für die Funktionsdauer der Messingbäder am günstigsten sind. Die im Handel vorkommenden Messingbleche sind zur Not auch verwendbar, müssen aber vor dem Gebrauch gut ausgeglüht und die Walzhaut durch Beizen in Salpetersäure beseitigt werden.

Es ist aber Tatsache, daß gewalzte Bleche infolge ihrer glatteren Oberfläche und größeren Dichte weniger leicht Metall abgeben als Gußanoden, folglich eine raschere Metallverarmung der Bäder verursachen als diese.

Die Anodenfläche in Messingbädern sei möglichst groß, keinesfalls kleiner als die im Bad hängende Warenfläche, bei Verwendung von Blechanoden noch größer.

Die Anoden bleiben immer im Bad, auch wenn nicht gearbeitet wird. Sehr wichtig ist es, das Verhalten (Aussehen) der Anoden im Bad während der Arbeit zu beobachten; der verständige Praktiker kann dadurch viel profitieren, sowohl für die Dauer der Funktionsfähigkeit des Bades als auch für die Sicherung guter Vermessingungsresultate. Die beim Verkupfern angeführten Erscheinungen treten auch hier ein; auch im Messingbad entstehen an den Anoden häufig schlammartige Ablagerungen von grüner und weißer Farbe, je nach der Bildung von Cyanüren und Cyaniden der beiden Metalle.

Geringe Anodenbelage sind natürlich auch bei ganz richtigen Stromverhältnissen und tadellosem Badzustand unvermeidlich, auch schädlich; wenn aber die Anoden sich mit einem dichten Schlamm in größerer Menge belegen, so ist

das ein Zeichen, daß das Bad zu wenig Cyankalium oder nicht geeignete Leitsalze enthält, auch die Farbe der Lösung wird dies bestätigen, sie wird bald blau oder grünlich aussehen, und gleichzeitig wird der Niederschlag auffallend langsamer erfolgen. Die Anoden sind mit einer langstieligen Metallbürste von dem Belag zu reinigen, ohne sie aus dem Bad zu nehmen; gleichzeitig ist unter Umrühren etwas Cyankalium zuzusetzen, aber nur so viel, als erforderlich ist, um die ursprüngliche wasserhelle oder gelbliche Färbung wieder herzustellen, wobei sich auch der von den Anoden abgebürstete Schlamm lösen wird.

Korrektur der Messingbäder. Ein Überschuß an Cyankalium, der wohl nur durch zweckloses Zusetzen dieses Produktes auftreten wird, macht sich dadurch bemerkbar, daß die Anoden während des Betriebes gar keinen Belag zeigen, metallblank aussehen und bei lebhafter Gasentwicklung an der Ware ein Niederschlag entweder gar nicht stattfindet oder unschön, matt pulverig ausfällt und schlecht haftet. Die Korrektur erfolgt durch Zugabe von Cyanzink und Cyankupfer, die man vorher in einer Reibschale mit etwas Messingbad zu einem gleichförmigen, dünnen Brei anreibt und in kleinen Partien so viel davon umrührend in das Bad bringt, als sich leicht auflöst. Durch Lösung dieser Cyanmetalle wird das überschüssige Cyankalium gebunden; ein kleiner Überschuß an Cyankalium muß vorhanden bleiben, man hat daher die Zugabe der Cyanmetalle einzustellen, sobald deren Lösung, die bei großem Cyankaliüberschuß sehr rasch erfolgt, nur mehr langsam vor sich geht.

Die Metallverarmung der Messingbäder, die insbesondere bei forzierten Betrieben bald fühlbar wird, auch bei normalem Betrieb unvermeidlich ist, erkennt man an dem langsamen und unregelmäßigen Gang der Elektroplattierung; der Niederschlag erfolgt um so langsamer, je weniger Metall die Lösung enthält. Meist wird ein Cyankaliumüberschuß durch den Prozeß nicht entstanden sein, und man wird daher zur Wiederzuführung von Metall solche Cyansalze verwenden, die direkt ohne größeren Cyankaliumüberschuß im Bad löslich sind. Dazu eignen sich ganz vorzüglich die von Pfanhauser sen. ein-

geführten Metalldoppelcyanide: Cyankupferkalium und Cyanzinkkalium. Behufs Versetzung der zu regenerierenden Bäder mit diesen Metallsalzen erwärmt man in einem emaillierten Eisentopf einen Teil des Messingbades auf etwa 50° C, löst darin obengenannte Salze umrührend auf und gießt diese Lösung in das Bad.

Die Menge der zuzugebenden Metallsalze richtet sich nach der mehr oder minderen Metallverarmung des Bades; dies genau zu bestimmen, wäre nur durch Analyse möglich, die nur ein Chemiker ausführen kann. Da dies innerhalb gewisser Grenzen nicht gar so genau ist, wird der Praktiker so vorgehen, daß er vor allem den bei richtigen Stromverhältnissen erzielten Farbton des Messingniederschlages in Betracht zieht; ist dieser zu rötlich ausgefallen, so wird es dem Messingbad sicherlich an Zink fehlen, bei zu lichtem oder vielleicht auch zu grünlichem Ton der Vermessingung an Kupfer.

Man wird demnach von dem einen oder anderen fehlenden Metallsalz vorsichtig in ganz kleinen Quantitäten so lange zugeben, bis das Bad den gewünschten Messington gibt. Ist nun wegen zu geringen Metallgehaltes noch eine weitere Zuführung beider Metalle erforderlich, was der Praktiker am Gang des Prozesses nach den bereits bekannten Anzeichen erkennt, so wird er von jedem der beiden Metallsalze gleiche Mengen nach und nach so lange zugeben, bis der Gang des Prozesses befriedigt.

Arbeiten die Messingbäder trotz richtiger Stromverhältnisse unregelmäßig, wird der Niederschlag stellenweise kupferrot, so fehlt es dem Bad an Cyankalium; gleichzeitig findet man am Boden der Wanne eine weiße kristallinische Ablagerung (zumeist Cyanzink). Durch Zusatz von Cyankalium bis zur Lösung des weißen Bodensatzes hilft man diesem Übelstand rasch ab. Es können aber noch mancherlei Gründe für ein ungleichmäßiges Arbeiten eines Messingbades vorliegen, diese muß aber der wissenschaftlich gebildete Galvanotechniker suchen, und es empfiehlt sich in solchen Fällen, die Korrektur durch Fachleute vornehmen zu lassen.

Wenn die Messingbäder gut gehalten und nicht durch Verwendung ungeeigneter oder unrichtiger Chemikalien oder

sonstwie gewaltsam verdorben werden, können sie viele Jahre gut funktionieren. Daß mit der Zeit alle Cyankaliumlösungen durch die Umsetzung des Cyankaliums in Ätzkali und Pottasche an Konzentration zunehmen und diese endlich so hoch wird, daß die Lösung nicht mehr gebrauchsfähig ist, durch eine neue ersetzt werden muß, das ist eine Tatsache, an der sich nichts ändern läßt.

Eine Erscheinung, die mitunter auftritt, ist die, daß sich durch längeres ruhiges Stehen der Messingbäder in stromlosem Zustand an der Badoberfläche eine Kristallhaut bildet. Es ist dies dadurch erklärlich, daß in dieser mit der atmosphärischen Luft in Berührung stehenden obersten Flüssigkeitsschichte das Cyankalium zersetzt wird und schwerlösliches Cyanmetall sich ausscheidet. Diese Ausscheidungen sind durch Zusatz von etwas Cyankalium leicht wieder in Lösung zu bringen; man sei aber mit der Anwendung des Cyankaliums sparsam, bringe nicht zu viel davon in das Bad, da dadurch die Stromausbeute verringert wird.

Manipulation beim Vermessingen. Die nach den gemachten Angaben zusammengesetzten Messingbäder sind sofort nach dem Abkühlen bis zur vorgeschriebenen Temperatur gebrauchsfähig; das oft gebräuchliche Abkochen oder vom Strom Durcharbeitenlassen ist überflüssig und zwecklos.

Die bei den Badzusammensetzungen angegebenen Stromverhältnisse wurden vom Verfasser genau bestimmt; bei deren Einhaltung wird man praktisch ganz sicher arbeiten, wenn alle sonstigen Bedingungen zur Sicherung guter Resultate (Dekapierung usw.) erfüllt sind.

Die Einhaltung der richtigen Stromverhältnisse ist beim Vermessingen von besonderer Wichtigkeit, nicht nur zur Erzielung einer guten Niederschlagsqualität, sondern auch zur Erzielung einer schönen brillanten Messingfarbe.

Bei den vorgeschriebenen Stromverhältnissen wird man einen schönen goldgelben Messington erreichen; es ist aber oft wünschenswert, eine rötliche oder eine blassere (grünliche) Vermessingung zu erzielen. Es läßt sich dies durch kleine Abweichungen von den vorgeschriebenen Stromverhältnissen und durch gewisse Zusätze erreichen, ohne die Güte des

Niederschlages zu gefährden; oft genügt ein tropfenweiser Zusatz von Salmiakgeist, oft auch gelindes Erwärmen der Lösung.

Mit Verringerung der Stromdichte durch Anwendung geringerer Badspannung wird der Niederschlag röter (dunkler), durch Erhöhung dieser beiden wird er blasser (grünlich) ausfallen. Ein schwächerer Strom scheidet mehr Kupfer aus, ein stärkerer mehr Zink.

Dieser Vorgang erklärt sich damit, daß das Cyankupferkalium dasjenige Salz ist, welches leichter durch die primär entladenen Alkaliionen reduziert wird, während das Zink nur dann ausgeschieden wird, wenn in der nächsten Umgebung der Kathode weniger Cyankupferkalium vorhanden ist, als zur Reduktion nötig wäre (siehe Einfluß der Stromdichte, Seite 359).

Man beobachtet öfters bei Messingbädern, wenn die Gegenstände behufs starker Vermessingung längere Zeit im Bad ruhig hängen, daß der Farbton, welcher anfänglich sattgelb war, in ein tombakartiges Rot überschlägt. Dies erklärt sich folgendermaßen: Bei Beginn der Vermessingung enthält die die Ware umgebende Badschichte infolge der Badzusammensetzung beide Metallsalze noch im richtigen Verhältnis, die Vermessingung wird bei normalen Stromverhältnissen schön gelb ausfallen, weil neben dem leicht reduzierbaren Kupfer auch entsprechend viel Zink ausgeschieden wird. Diese Badschichte wird aber, wenn sie nicht durch neue Schichten ersetzt wird, naturgemäß an Metall verarmen, und zwar bei stärkerem Strom rascher, bei schwächerem Strom langsamer; sobald aber diese Badschichte metallarm geworden ist, wird mehr Kupfer als Zink ausgeschieden, dadurch ist der Umschlag des Farbtons erklärt.

Es sei bemerkt, daß eine wesentliche Temperaturveränderung der Messingbäder die Farhe des Niederschlages beeinflußt. Innerhalb der vorgeschriebenen Temperaturgrenzen wird dies kaum bemerkbar werden, aber bedeutend wärmere Messingbäder werden zunehmend blasseres Messing, bedeutend kältere werden zunehmend röteren Niederschlag hervorbringen. Trotz solcher Temperaturdifferenzen kann man aber durch geeignete Abänderung der Badzusammensetzung normale Messingtöne erzeugen. Hauptsache bleibt dabei, die Lösung so zu gestalten, daß die Potentiale des Zinks und des Kupfers an der Kathode trotz veränderter Temperatur etc. möglichst nahe zusammenfallen.

Wichtiger als bei irgendeinem Bad ist beim Messingbad die Verwendung eines richtig konstruierten Badstromregulators; man hat dadurch das Mittel an der Hand, die besprochene erforderliche richtige Stromdichte, wovon ja zum guten Teil die Nuancierung des niedergeschlagenen Messings mit abhängt, durch entsprechende Regulierung der Badspannung zu beherrschen.

Bei Vermessingung großer, voluminöser Körper oder solcher mit erheblichen Erhöhungen und Vertiefungen oder Hohlräumen wird man die Wahrnehmung machen, daß die den Anoden näheren Flächenpartien eine hellere Messingfarbe zeigen, die entfernteren eine dunklere. Dies erklärt sich dadurch, daß mit Verringerung der Elektrodenentfernung die Stromdichte wächst, mit deren Vergrößerung abnimmt, dementsprechend die den Anoden näheren Flächenpartien einer höheren Stromdichte ausgesetzt sind als die entfernteren, auf jene ein zinkreicherer, auf diese ein kupferreicherer Niederschlag erfolgen muß. Bei solchen Objekten muß man stets mit möglichst kleiner Stromdichte arbeiten und das Bad speziell dafür einstellen.

Nach der Beschickung der Bäder mit den zu vermessingenden Waren beläßt man diese etwa 5 bis 10 Minuten im Bad und überzeugt sich dann, ob sie allseitig und gleichförmig mit Messing überdeckt sind; wenn man nicht ganz sicher ist, daß die vorausgegangene Dekapierung eine tadellos vollkommene war (bei regem Fabriksbetrieb können ja sehr leicht Mängel vorkommen), überzeugt man sich, indem man die Objekte mit einer nicht allzu scharfen Eisen- oder Messingdrahtbürste (etwa 0,1 bis 0,15 mm Drahtstärke) allseitig und gründlich kratzt; bei mangelhafter Dekapierung wird sich der Niederschlag stellenweise ablösen.

Die auf diese Weise nachgereinigten Objekte werden nach Abspülung mit Weinsteinwasser tüchtig abgebürstet, in reinem Wasser gründlich gewaschen und abermals in das Bad eingehängt.

Je nachdem die Gegenstände mehr oder weniger stark vermessingt werden sollen, regelt man die Elektroplattierdauer; dient der Messingniederschlag nur als vermittelnde

Zwischenlage für eine nachfolgende Elektroplattierung, so wird in den meisten Fällen eine Einhängdauer von 15 bis 30 Minuten ausreichen. Der Messingniederschlag bleibt bei Einhaltung der gegebenen Vorschriften anch bei längerer Einhängdauer glänzend, ein Kratzen wäre also nicht nötig; aber um ja sicher zu sein, daß der Niederschlag allseitig festhaftet, wird man aus Vorsicht das Kratzen, wie oben erklärt, wiederholen und wenn sich hierbei keine Mängel zeigen, nach sorgfältigem Abspülen die Gegenstände noch naß der weiteren Elektroplattierung zuführen. Jedenfalls ist die Vorsicht zu beachten, daß keine Spuren der Messingbadlösung auf dem Gegenstand, in dessen Poren oder Hohlräumen zurückbleiben, wodurch das nächste Bad verdorben werden könnte. Erst bei ganz starken Niederschlägen wird die Oberfläche matt und man muß dann solche Niederschläge mit Poliermasse aus Tripel aufglänzen, ebenso wie man z. B. mattes Messing auf der Poliermaschine behandelt.

Sollen die Objekte vermessingt in den Handel gebracht werden, wird man im Interesse der Haltbarkeit und Solidität die Vermessingungsdauer entsprechend verlängern, die fertig vermessingtenWaren, wenn nötig, nochmals kratzen, schließlich rein waschen und in bekannter Weise vollkommen trocknen.

Recht empfehlenswert ist es, die vermessingt bleibenden Gegenstände noch mit Schlämmkreide trocken abzubürsten oder abzureiben, wodurch der Messingniederschlag brillantiert wird. Weil Messing den Einflüssen der Luft unterworfen ist, bald oxydiert oder grünspant, ist es zweckmäßig, um dies zu verhindern, die Gegenstände mit einem farblosen Lack zu überziehen.

Das Vermessingen des rohen Eisengusses macht infolge seiner Porosität uud seines Kohlengehaltes oft Schwierigkeiten; es ist zu empfehlen, dieses vorher zu verzinnen oder zu vernickeln; noch besser als Unterlage aber ist eine solide elektrolytische Verzinkung.

Es wurde schon erwähnt, daß bei den Messingbädern ein zu großer Überschuß an Cyankalium nachteilig ist und den Prozeß beeinträchtigt; beim Vermessingen des Eisens wird dies am fühlbarsten, es kann sogar den Niederschlag ganz verhindern.

Für kleine Massenartikel, Ketten u. ä. spez. aus Eisen wird oft dem Bad noch Soda (kohlensaures Natron) zugesetzt (bis 40 g per Liter), um bei gleicher Badspannung einen schönen brillanten Niederschlag zu erreichen. Verfasser hat aber gefunden, daß der Sodazusatz nur die Leitfähigkeit des Bades erhöht und daß man bei solchen Gegenständen mit schlechtem Leitungskontakt auch jedes gute Messingbad verwenden kann, wenn man die Badspannung erhöht. Vorteilhaft ist es, besonders große Anodenflächen zu nehmen, um möglichst den Badwiderstand zu verringern. Ketten werden zweckmäßig über einen Metallrahmen gespannt eingehängt, der fleißig geschüttelt und gewendet wird, schließlich kann man die Galvanisierung solcher Ketten auch im rotierenden Trommelapparat vornehmen.

Vermessingung im Trommelapparat. Für die fabriksmäßige Vermessingung kleiner Massenartikel eignet sich überhaupt kein anderer Apparat so gut wie der rotierende Trommelapparat. Die Zusammensetzung der dazu verwendeten Bäder stellt die größten Anforderungen an den Galvanotechniker und es ist nur ersten Fachfirmen vorbehalten, geeignete Bäder für diese Zwecke zu liefern, da es nur durch besonderes Fachwissen und langjährige praktische Erfahrungen möglich ist, brauchbare Vorschriften für den ungestörten Dauerbetrieb mit solchen Bädern zu geben. Diese Bäder müssen selbstredend einen hohen Metallgehalt aufweisen und geeignete Leitsalze enthalten, die das anodische Lösen des Anodenmetalls unterstützen, ohne daß der spez. Badwiderstand darunter zu leiden hat. Allgemein wird bei Anwendung solcher Trommelapparate mit Spannungen von 8 bis 10 Volt am Bade gearbeitet.

Die Temperatur und der Gehalt an freiem Cyankalium spielen bei dieser Galvanisierungsart eine große Rolle, u. z. wird der Messingniederschlag bei sonst richtiger Badzusammensetzung um so heller, je kälter das Bad und je kleiner die Stromstärke ist. Der Mangel an freiem Cyankalium macht sich durch eine rötere Färbung des Niederschlages bemerkbar.

Der Praktiker wird auch beobachten, daß der Niederschlag, der schön gelb aussieht, solange die Objekte in der Trommel

liegen, nach dem erfolgten Trocknen dunkel oder gar mißfarbig wird. Man vermeidet dies dadurch, daß man für eine rasche Entfernung der Lösung von den Objekten sorgt, sobald der Niederschlagsprozeß beendigt ist. Man muß die Gegenstände sofort in viel reinem Wasser spülen und mit einer verdünnten Weinsteinlösung behandeln, ehe man sie trocknet, dann bleibt der im Trommelapparat erzielte reine Messington den Objekten erhalten. Wird die

Vermessingung mit Elementen ausgeführt (mit Bunsen-Elementen oder Tauchbatterie), so sind drei Elemente, ev. drei Gruppen parallel geschalteter Elemente auf Spannung zu verbinden.

Bis zu einer Warenfläche von	verwende man 3 auf Spannung verbundene Elemente mit einer wirksamen Zinkfläche von ungefähr
20 qdm	5,8 qdm
35 „	7,9 „
40 „	12,4 „
usf.	usf.

Für Vermessingung von Zinkobjekten ist ein Element, bezw. eine Gruppe parallel geschalteter Elemente auf Spannung zuzuschalten.

Eine Eintauchvermessingung gibt es nicht; man erzielt aber eine gelbe, messingähnliche Farbe auf kleine Massenartikel aus Eisen oder Stahl durch Schütteln derselben in einem Holzkübel mit folgender Lösung:

1 Liter Wasser, 5 g Kupfervitriol, 5 g Chlorzinn, kristall.

Altmessing

wird ebenso wie »Altkupfer« gemacht (siehe Seite 386).

Tombak- und Bronzebäder. Eigentlich dient jedes Messingbad als Bronzebad oder Tombakbad, wenn es einem nur auf den Ton ankommt, sofern man die Stromverhältnisse bei Messingbädern so reguliert, daß der gesuchte Tombakton erreicht wird. Allerdings empfiehlt es sich, die Badzusammensetzung etwas zu ändern.

Eine hübsche Bronze-Nuancierung kann man in folgender Lösung erzielen:

I.		
	Wasser	1 l
	Kohlensaures Natron, kalziniert	10 g
	Saures schwefligsaures Natron	20 g
	Cyankupferkalium	65 g
	Cyanzinkkalium	15 g
	Cyankalium 100 %	5 g
	Chlorammon	2 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung:
für Eisen . . . . 2,85 Volt
für Zink . . . . 2,56 „
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . 0,08 „
Stromdichte . . . . 0,13 Amper
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: 10° Bé
Spez. Badwiderstand: 1,21 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0202
Stromausbeute: 70,5 %
Niederschlagstärke in 1 Stunde: 0,0025 mm.

Als Anoden sind Tombakanoden zu verwenden, und zwar deren Fläche $1^1/_2$mal so groß als die Warenfläche.

Durch einfaches elektrolytisches Auflösen von Tombak, das man in Anodenform in eine cyankalische Lösung einhängt, kann man nach Heß, ähnlich wie dieser für Messing dies vorschlägt, auch Tombakbäder herstellen, und zwar unter Anwendung folgender Lösung:

II.		
	Wasser	1 l
	Doppeltkohlensaures Natron	42 g
	Chlorammon	$27^1/_2$ g
	Cyankalium 98 %	$7^1/_2$ g

Die geeignetste Badspannung ist 3—3,5 Volt. Das Bad ist selbstredend erst nach mehrstündigem kräftigen Durcharbeiten mit Strom verwendbar, da ja erst durch elektrolytisches Auflösen der Tombakanoden dem Bade die erforderliche Menge

Metall zugeführt werden muß. Als Kathoden bei diesem Durcharbeiten verwendet man größere reine Eisenbleche.

Die Tombakbäder sind im Gebrauch nicht einfach zu behandeln und hauptsächlich ist die Einhaltung eines bestimmten Farbtons auf längere Zeit hinaus nur mit Mühe zu erreichen, und es stellt ein derartiges Bad große Anforderungen an die Übung und Erfahrung des Galvanotechnikers. Wird der Ton zu dunkel, so hilft man sich durch Zusatz von Cyankalium oder erhöht den Gehalt des Bades an freiem Ammoniak. Wird der Ton zu gelb, so ist Zusatz von Cyankupferkalium erforderlich, mitunter aber genügt auch schon ein geringfügiger Zusatz von saurem schwefligsauren Natron. Selbstverständlich sind die normalen Stromverhältnisse einzuhalten, desgleichen ist der vorgeschriebenen Temperatur des Bades Beachtung zu schenken.

Der in diesem vorbeschriebenen Bade erzielte Niederschlag zeichnet sich besonders dadurch aus, daß er zumal bei genügendem Gehalt des Bades an freiem Cyankalium stets gleichmäßig ausfällt. Ein Übelstand, der diesem Bade anhaftet, sei jedoch erwähnt, und das ist die bedeutende Härte und Sprödigkeit des Niederschlages, zumal wenn er in dickeren Schichten dargestellt wird. Der Niederschlag läßt sich zwar tadellos polieren, doch ist er überall dort nicht anwendbar, wo man eine nachträgliche Bearbeitung des so galvanisierten Stückes beansprucht. Beim Falzen, Stanzen oder kräftigen Biegen solcherart galvanisierter Objekte (bei mehr als einstündiger Expositionszeit im Bade) blättert der Niederschlag leicht ab und kann dieses Bad aus diesem Grunde nur zur oberflächlichen Herstellung eines Bronzetones auf fertigen Objekten empfohlen werden. Das Bad streut außerordentlich gut in die Tiefen — ein nicht zu unterschätzender Vorteil.

Recht gute Resultate erzielt man mit folgendem

Bronzebad.

III.	**Wasser**	**1 l**
	Pyrophosphorsaures Natron	**20 g**
	Zitronensaures Natron	**20 g**
	Cyankalium 100 %	**6 g**

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . **2,5 Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . **0,6 „**
Stromdichte . . . . **0,25 Amper**
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: 3½° Bé
Spez. Badwiderstand: 4,8 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,028
Stromausbeute: 47½%
Niederschlagsstärke in 1 Stunde
bei 78% Kupfer, 22% Zinn: 0,00196 mm.

Vor der Verwendung dieser Lösung soll sie etwa zehn Stunden unter Strom funktionieren, bis sie den richtigen Bronzeton ergibt.

Als Anoden werden gegossene Bronzeplatten verwendet, und zwar mit einer dem gewünschten Bronzeton entsprechenden Legierung; die Fläche der Anoden 1½mal so groß als die Warenfläche.

Will man einen gelblicheren Ton des Niederschlages erzielen, dann ist die Stromdichte zu erhöhen, was durch Erhöhung der Badspannung bei gleichbleibender Elektrodenentfernung bewirkt wird. Der Zusatz von etwa 10 g kalz. Soda vermindert den spez. Badwiderstand ganz bedeutend, so daß hiernach mit kleinerer Badspannung ohne Beeinflussung der Funktion des Bades gearbeitet werden kann.

Man achte stets darauf, daß die Lösung schwach gelblich bleibt. Wird die Lösung blau, dann ist etwas Cyankalium zuzusetzen, bis die normale Färbung erreicht ist.

Vernickeln.

Das »Vernickeln« ist verhältnismäßig spät zur praktischen Anwendung gekommen; gleichwohl hat es infolge seiner Vorzüge alle anderen elektrolytischen Metallniederschläge heute weit überholt, und es gibt heute wohl kaum eine Metallwarenfabrik, die nicht zum Vernickeln eingerichtet ist. Diesen raschen Aufschwung verdankt die Vernicklungsindustrie der

Widerstandsfähigkeit des harten Nickelniederschlages gegen Abnützung und gegen atmosphärische Einflüsse (Inoxydabilität) und dem eleganten silberähnlichen Aussehen der Vernicklung.

Luxus- und Gebrauchsgegenstände werden vernickelt, teils des hübscheren Aussehens wegen, teils um sie gegen äußere Einflüsse widerstandsfähiger zu machen. Für das hübsche Aussehen genügt eine leichte Vernicklung; die Widerstandsfähigkeit gegen äußere Einflüsse, insbesondere gegen Abnützung oder gegen Rost der Eisen- und Stahlobjekte fordert eine solide starke Vernicklung, bedingt auch mehr Sorgfalt und Übung des Vernicklers.

Welches Bad für diesen oder jenen Zweck besser geeignet ist, wird der Leser aus den allgemeinen Angaben entnehmen können, die Verfasser bei den einzelnen später folgenden Zusammensetzungen der gebräuchlichsten Nickelbäder hinzugefügt hat. Als allgemein geltender Grundsatz sei angeführt, daß für kleine Massenartikel, die im Elektroplattierkorb vernickelt werden, Bäder mit kleinem spezifischen Badwiderstand Anwendung finden, ebenso für die Elektroplattierung hohler und voluminöser Objekte. Bäder mit hohem spezifischen Widerstand hingegen eignen sich besser für solche Objekte, welche scharfe Kanten und Schneiden besitzen und bei denen die Gefahr des sogenannten »Anbrennens« vorliegt. Bäder mit kleinem spez. Widerstand besitzen gleichzeitig ein besseres Streuungsvermögen für die Stromlinien, Bäder mit größerem spez. Widerstand dagegen streuen viel weniger, was für verschiedene Arbeiten aber mitunter einen besonderen Vorteil bedeutet.

Die genaue Kenntnis der Stromverhältnisse ist bei der Vernicklung wie bei jeder anderen Elektroplattierung unumgänglich notwendig, da nur derjenige gut arbeiten wird, der die Wirkungen des Stromes versteht und die Regulierungsvorschriften beachtet. Im allgemeinen sind Stromdichten von 0,3 bis 0,5 A pro 1 qdm üblich, allzu kleine Stromdichten verursachen einen spröderen Niederschlag, der leicht abblättert, »aufsteigt«, größere Stromdichten bewirken einen schwarzen, mißfarbigen, sogar pulverigen Niederschlag, wenn man nicht

spezielle Bäder oder erwärmte Bäder verwendet, wie das Patentbad »Mars« der Langbein-Pfanhauser-Werke, welches Stromdichten von 1 Amper pro qdm zuläßt. Die Gründe dafür wurden im Kapitel »Theoretische Winke für den Elektroplattierer« bereits besprochen.

Nickelbäder, in denen Weichmetalle, wie Zink, Blei u. ä. vernickelt wurden, sollen nie mehr zu anderen Zwecken verwendet werden; Zink löst sich leicht darin, das Bad vernickelt dann schwarz und streifig, kurz, es zeigt alle möglichen Unarten; ein solches zinkhaltiges Bad ist nicht mehr zu korrigieren, man muß es weggießen und durch ein neues ersetzen.

Nickelbäder. Dem Prinzip treubleibend, dem Praktiker nicht durch Anführung zahlloser Bäderzusammensetzungen die Wahl zu erschweren, beschränkt sich Verfasser darauf, nur diejenigen Bäder vorzuschlagen, welche sich nach dessen eigener langjährigen Erfahrung praktisch bewährt haben. Verfasser vermeidet auch, komplizierte Formeln aufzunehmen, deren es eine Menge gibt und die oft nur eine Zusammenstellung der verschiedensten Chemikalien darstellen, deren Zweck aber meist ganz unerklärlich ist.

Wenn man die vielen existierenden Nickelbadzusammensetzungen vergleicht, so findet man nebst unwesentlichen Unterschieden in den Mengenverhältnissen der Salze, daß sie sich nur durch die beigegebenen Leitsalze unterscheiden, und zwar kommen als solche zumeist zur Verwendung: schwefel- oder salzsaures Ammon (Ammonsulfat, Chlorammon), zitronensaures Natron oder Ammon (Natriumzitrat, Ammonzitrat), Borsäure, Bittersalz u. dgl.

Als eigentliche Metallsalze werden meist Nickelammonsulfat (das ist schwefelsaures Nickeloxydulammoniak) und Nickelsulfat (das ist schwefelsaures Nickeloxydul) verwendet; das sind die billigsten Salze und haben sich stets am besten bewährt; Chlornickel wird seines höheren Preises wegen selten angewendet und nur in solchen Bädern, in denen man von der höheren Leitfähigkeit der Chloride Gebrauch machen will.

Nachfolgend angeführte Bäderformeln genügen den meisten in der Praxis vorkommenden Anforderungen; ferner seien die

früheren Zusammenstellungen der Nickelbäder durch Anführung der präparierten Salze der Langbein-Pfanhauser-Werke ergänzt. Diese Präparate entsprechen dem allgemeinen Bedürfnis der Praxis nach sicherarbeitenden und haltbaren Nickelbadelektrolyten, sind seit mehr als 30 Jahren praktisch erprobt und vor allem einfach in der ev. notwendig werdenden Regenerierung. Sie seien daher der Technik ganz besonders empfohlen.

I.	**Wasser**	1 l
	Nickelammonsulfat	75 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . 3,5 Volt
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . 0,37 „
Stromdichte . . . . 0,3 Amper
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: $6^1/_2$° Bé
Spez. Badwiderstand: 2,46 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0176
Stromausbeute: 91,5 %
Niederschlagstärke in 1 Stunde: 0,0034 mm.

Dies ist die älteste und einfachste Zusammensetzung, wird für besonders große Bäder viel verwendet. Eignet sich sehr gut für Vernicklung von Eisen- und Stahlwaren (Fahrradbestandteile), gibt einen harten polierfähigen Niederschlag, gestattet eine lange Einhängedauer, ist daher für starke Vernicklung sehr zu empfehlen.

Als **Anoden** verwende man für dieses Bad **gegossene Nickelanoden**, die **Anodenfläche** halb bis dreiviertel so groß als die Warenfläche.

Die Leitfähigkeit dieses Bades läßt sich durch Zusatz von Ammonsulfat (bis 10 g per Liter) erhöhen, wenn es sich um Vernicklung großer voluminöser Eisenobjekte (bei größerer Elektrodenentfernung) handelt.

II.	**Wasser**	1 l
	Nickelsulfat	50 g
	Chlorammon	25 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . . **2,3 Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . **0,43 „**
Stromdichte . . . . **0,5 Amper**
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: 5° Bé
Spez. Badwiderstand: 1,76 *Ω*
Temperaturkoeffizient: 0,025
Stromausbeute: 95,5 %
Niederschlagstärke in 1 Stunde: 0,0059 mm.

Wegen des geringen Widerstandes und großer Stromlinienstreuung eignet sich dieses Bad vorzüglich für voluminöse große Körper aus Messing, Bronze, Kupfer u. dgl. und solche mit namhaften Vertiefungen oder Hohlräumen, auch für kleine Massenartikel, die in Bündeln oder im Elektroplattierkorb eingehängt werden; vernickelt sehr rasch, glänzend silberweiß und gestattet eine lange Vernicklungsdauer behufs starker Niederschläge.

Als Anoden sind gegossene Nickelanoden zu verwenden, die Anodenfläche nur halb so groß als die der eingehängten Waren.

Wenn es manche Autoren unerklärlich finden, daß man zum Vernickeln hohler Gegenstände die chlorammonhaltigen Bäder mit geringem Badwiderstand wählt, während sie Bäder mit hohem Widerstand empfehlen, so sei doch extra erwähnt, daß das Elektroplattieren hohler Gegenstände nicht allein durch den spezifischen Badwiderstand, sondern auch durch die im Bad auftretende Streuung der Stromlinien begünstigt wird, und gerade das Chlorammon ist es, das diese Stromlinienstreuung in erhöhtem Maße bewirkt.

Auch für Zinkvernicklung eignet sich diese Zusammensetzung sehr gut, selbst für direkte Vernicklung von Zinkwaren, die auch bei längerer Einhängdauer tadellos glänzend vernickelt ausfallen. Eine große Anwendung finden Bäder dieser und ähnlicher Zusammensetzung zur Vernicklung von Stereotypieplatten; man bezweckt durch eine solche Vernicklung, der praktischerweise eine $^1/_4$- bis $^1/_2$-stündige Verkupferung im cyankalischen Kupferbade vorausgeht, um die zum Druck verwendete Oberfläche zu härten und das gegen manche Farbstoffe empfindliche Stereotypiemetall zu schützen.

Von solcherart übernickelten Stereotypieplatten kann man anstandslos 300000 bis 500000 tadellose Drucke erhalten.

Für Zinkvernicklung sind jedoch gewalzte Nickelanoden zu verwenden, die Anodenfläche mindestens ebensogroß als die eingehängte Warenfläche (besser noch größer), und die Stromverhältnisse sind zu ändern wie folgt:

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . .	**3,6 Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung	**0,6 „**
Stromdichte	**1,0 Amper.**

Dieses Nickelbad wird besonders in Lampenfabriken für Vernicklung gegossener Zinkguß-Lampenkörper viel verwendet.

Die soeben angegebenen höheren Stromverhältnisse gelten auch für Zinkobjekte, die vorher vermessingt oder verkupfert wurden, wenn sie nur leicht, aber rasch vernickelt werden sollen. Sollen sie jedoch solid vernickelt werden, so ist nach 2 bis 3 Minuten der Strom wie folgt zu regulieren:

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . .	**2,75 Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung	**0,43 „**
Stromdichte	**0,5 Amper.**

Bei der Zinkvernicklung ist eine Gasentwicklung unvermeidlich.

Von Wilh. Pfanhauser sen. stammt die Verwendung des zitronensauren Natrons für Nickelbäder. Die zitronensauren Bäder sind außerordentlich unempfindlich gegen falsche Reaktion der Lösung, und daher kommt es hauptsächlich, daß in solchen Bädern, deren Anschaffungspreis allerdings ziemlich hoch ist, nur selten Ausschußware entsteht. Die zitronensauren Bäder zeichnen sich vor allem durch einen dichten, porenfreien und leicht polierbaren Niederschlag aus, der auch in ganz dicken Schichten nicht abrollt. Als Beispiel eines Rezeptes sei genannt:

III.	**Wasser**	1 l
	Nickelsulfat	40 g
	Natriumzitrat	35 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . 3,6 **Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . 0,7 „
Stromdichte . . . . 0,27 **Amper**
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: $5^1/_2$° Bé
Spez. Badwiderstand: 5,17 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0348
Stromausbeute: 90%
Niederschlagstärke in 1 Stunde: 0,00301 mm.

Dieses von Pfanhauser sen. vor 30 Jahren eingeführte Nickelbad ist gleich gut verwendbar für Eisen-, Stahl- und Messingwaren, die einzeln (nicht in Bündeln) eingehängt werden, leistet unübertreffliche Dienste für Vernicklung von Objekten mit Spitzen, scharfen Kanten und Schneiden wie Säbel, Messer, Scheren, chirurgische Instrumente, Brillengestelle, Nadeln u. dgl., weil bei Einhaltung der vorgeschriebenen Stromverhältnisse der Niederschlag auch bei langer Einhängedauer nie überschlägt, also für derartige sehr schwierig zu vernickelnde Gegenstände eine beliebig starke Vernicklung erreicht werden kann. Der Niederschlag ist weich und duktil.

Als Anoden verwende man nur Walzanoden mit möglichst großer Fläche, die Anodenfläche mindestens zweimal so groß als die eingehängte Warenfläche.

Dieses Bad löst auch das Anodenmaterial besonders glatt und arbeitet daher in bezug auf Anodenverbrauch äußerst sparsam.

IV.	**Wasser**	1 l
	Nickelammonsulfat	55 g
	Borsäure	40 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . 3,6 **Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . 0,52 „
Stromdichte . . . . 0,3 **Amper**
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: $5^1/_2$° Bé
Spez. Badwiderstand: 3,39 Ω

Temperaturkoeffizient: 0,0257
Stromausbeute: 92,5 %
Niederschlagstärke in 1 Stunde: 0,00345 mm.

Für besonders brillante silberweißeVernicklung von Fahrradbestandteilen, ferner für Eisen- oder Metallgußwaren, roh oder geschliffen, ist diese Badzusammensetzung sehr gut geeignet und vielfach im Gebrauch. Der Niederschlag ist hart und polierfähig, in dickeren Schichten neigt er aber unleugbar zum Aufrollen und Abblättern, was damit zu erklären ist, daß infolge der abnorm sauren Reaktion der Lösung der Nickelniederschlag mit dem primär entladenen Wasserstoff sich legiert, wodurch er wie jede Metallwasserstofflegierung hart und spröde wird. Daß alle mit Borsäure bereiteten Bäder einer baldigen Änderung ihrer chemischen Beschaffenheit unterworfen und korrekturbedürftig sind, ist Tatsache; diesem Übelstand begegnet man möglichst durch ausschließliche Verwendung weich gegossener Nickelanoden einerseits, anderseits durch das richtige Verhältnis der Anodenfläche zu jener der eingehängten Waren.

Eingehende Untersuchungen des Verfassers haben gezeigt, daß die borsäurehaltigen Bäder am längsten dann funktionieren, wenn die Anodenfläche ungefähr halb so groß ist als die eingehängte Warenfläche.

V.	**Wasser**	1 l
	Nickelammonsulfat	40 g
	Borsäure	20 g
	Chlorammon	15 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . **2,8 Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . **0,5 „**
Stromdichte . . . . **0,5 Amper**
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: 5° Bé
Spez. Badwiderstand: 2,085 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0156
Stromausbeute: 89,5 %
Niederschlagstärke in 1 Stunde: 0,00556 mm.

Diese Zusammensetzung empfiehlt Verfasser für Vernicklung von Zinn-, Blei- und Britanniawaren (Siphonköpfen, chirurgischen Apparaten aus Weichmetall u. ä.).

Als Anoden verwende man für dieses Bad gegossene Nickelanoden, die Anodenfläche halb so groß als die der Waren.

Präparierte Vernicklungssalze. Die Chemie, die in unserer Branche mit die erste Rolle spielt, ist leider viel zu wenig in den Kreisen unserer Metallwarenfabrikanten und in den Kreisen derjenigen verbreitet, die sich mit galvanischen Arbeiten befassen. Die betreffenden Fabriken, in denen galvanische Arbeiten zur Veredlung der Fabrikate, wie es beispielsweise das Vernickeln darstellt, ausgeführt werden, bedienen sich daher durchweg spezieller Galvaniseure, die durch praktische langjährige Ausbildung zumeist über die Kenntnisse verfügen, die zur Leitung galvanischer Anstalten unentbehrlich sind. Leider geben sich heute viele Leute als Galvaniseure aus, die keine oder nur schwache Ahnung von den Vorgängen in galvanischen Bädern haben, und die Spezialfabriken für Galvanotechnik empfinden das Eindringen solcher schlecht instruierten Leute in die galvanischen Anstalten der Praxis außerordentlich störend. Nicht nur, daß solche Leute sich berufen dünken, eigene Rezepte zur Herstellung ihrer Bäder zu verwenden, die dann erst ein Fachmann mit vieler Mühe gebrauchsfähig gestalten muß, benennen sie die diversen zum Bereiten der Bäder notwendigen Salze mit ganz verkehrten Namen und verursachen Verwirrung und Schaden. Vor allem schaden solche Leute dem Ruf der geschulten, gebildeten und erfahrenen Galvaniseure.

Der erfahrene Galvaniseur weiß, daß von der richtigen Zusammensetzung seiner Nickelbäder die weitere ungestörte Arbeit abhängt, und es verschwinden daher immer mehr und mehr die ungeeigneten, unrichtig zusammengesetzten Bäder und machen den Bädern aus sogenannten präparierten Nickelsalzen Platz. Oft wird der angeblich höhere Anschaffungspreis der Bäder aus präparierten Nickelsalzen gegen dieselben ins Treffen geführt, doch wird mancher davon (meist zu spät)

überzeugt worden sein, daß er an verkehrter Stelle gespart hat, wenn er späterhin fortlaufend teure Zusätze als sich notwendig machende Ergänzungen oder Korrekturen seiner fehlerhaften Badzusammensetzung machen muß oder den größeren Anodenverbrauch oder den Schaden durch Ausschußware überblickt, sofern er sich seine Bäder nach unrichtigen Rezepten selbst ansetzen ließ.

Die präparierten Nickelsalze sind nach jahrzehntelangen Erfahrungen der Spezialfabriken hergestellt und besitzen die für die speziellen Zwecke bestgeeigneten Zusammensetzungen. Die Herstellung der Nickelbäder ist dann die denkbar einfachste, und schließlich weiß die betreffende Spezialfabrik in jedem einzelnen Falle, wo einmal besondere Erscheinungen in der Vernicklung auftreten, was die Ursache ist und wie man Abhilfe schafft, weil sie doch ihre Präparate und deren Eigenheiten genau kennt.

Wer also sicher und ökonomisch arbeiten will, bediene sich dieser Spezialpräparate, und besonders die der Langbein-Pfanhauser-Werke als der ältesten Spezialfirma werden dem Fabrikanten die Gewähr für einen ungestörten Betrieb bieten können, da fast alle Galvaniseure mit diesen Präparaten schon gearbeitet haben und nur den Namen des verwendeten präparierten Salzes zu wissen brauchen, um sich schnell, bei Eintritt in eine neue Firma, zurechtzufinden.

Diese Präparate seien nachstehend summarisch angeführt und deren Charakteristik und Anwendbarkeit kurz angegeben. Sie sind ja derartig allgemein eingeführt, daß eine eingehendere Beschreibung gar nicht nötig ist. Eines der beliebtesten Bäder ist das

Nickelbad aus Brillant-Nickelsalz. Es besteht aus:

VI.	**Wasser**	**1 l**
	Nickelsalz „Brillant“	**100 g**

Badspannung für 15 cm Elektrodenentfernung . . . **3,5 Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . **0,63 „**
Stromdichte . . . . **0,5 Amper**
Badtemperatur: 15—20° C

Konzentration: $5^1/_2$° Bé
Spez. Badwiderstand: 2,5 Ω
Anodenmaterial: Gegossene Anoden $^1/_2$ so groß wie die Warenfläche.

Dient vorwiegend zur Vernicklung von Fahrradartikeln, Nähmaschinenteilen, Gußeisen und liefert einen wunderbar weißen, leicht polierbaren Niederschlag.

Nickelbad aus Britannia-Nickelsalz besteht aus:

VII.	Wasser	1 l
	Nickelsalz „Britannia"	100 g

Badspannung für 15 cm Elektrodenentfernung . . . 2,5 Volt
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . 0,38 „
Stromdichte . . . . 0,5 Amper
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: 6° Bé
Spez. Badwiderstand: 1,5 Ω
Anodenmaterial: $^1/_8$ Walzanoden, $^2/_3$ Gußanoden.

Dient speziell zur festhaftenden Vernicklung von Gegenständen aus Messing oder Weichmetallen (Zinn, Blei, Britannia und dergleichen) nach vorhergegangener Verkupferung oder Vermessingung.

Das Bad streut ausgezeichnet in Hohlräume und ist schon infolge seines geringen spez. Badwiderstandes zur Vernicklung großer und voluminiöser Objekte sehr geeignet, die man von den Anoden weit abhängen muß, da die anzuwendende Badspannung trotz Erhöhung der Elektrodenentfernung noch in normalen Grenzen bleibt.

Ein von Pfanhauser sen. stammendes Bad ist das **Nickelbad aus zitronensaurem Nickelsatz IA.** Es besteht aus:

VIII.	Wasser	1 l
	Nickelsalz, zitronensaures IA	75 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . . 3,5 Volt
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . 0,65 „

Stromdichte . . . . 0,3 **Amper**
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: $5^1/_2$° Bé
Spez. Badwiderstand: 5 Ω
Anodenmaterial: Möglichst große Walzanoden.

Besonders geeignet für chirurg. Instrumente, für Scheren, Messer, Säbel und alle Objekte mit scharfen Schneiden, Kanten und Spitzen. Das

Nickelbad aus zitronensaurem Nickelsalz I besteht aus:

IX.	**Wasser**	1 l
	Nickelsalz, zitronensaures I . . .	100 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . 3,5 **Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . 0,7 „
Stromdichte . . . . 0,25 **Amper**
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: 6° Bé
Spez. Badwiderstand: 5,3 Ω
Anodenmaterial: Möglichst große Walzanoden.

Wird hauptsächlich zur besonders soliden gleichmäßigen Vernicklung von Artikeln, wie beim vorhergehenden Bad beschrieben, verwendet, wo z. B. direkt nach Gewicht 10 bis 24 Stunden lang vernickelt werden muß, ohne das Bad oder die Waren zu bewegen. Der Niederschlag bleibt trotz der großen Metallauflage immer leicht polierbar und hat keine Neigung zum Aufrollen — ist äußerst dicht und duktil, so daß stark vernickelte Waren mit samt dem Nickelüberzug nachträglich mechanisch und derb bearbeitet werden können.

Ein dem Brillant-Bade ähnliches Bad ist das

Nickelbad aus Nickelsalz „Original AI“, bestehend aus:

X.	**Wasser**	1 l
	Nickelsalz „Original AI“	100 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . . 3,5 **Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . 0,56 „

Stromdichte . . . . **0,5 Amper**
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: 6° Bé
Spez. Badwiderstand: 2,23 Ω
Anodenmaterial: $^1/_4$ gegossene, $^3/_4$ gewalzte Rein-Nickelanoden.

Viel angewendet in allen Industrien, gleich gut geeignet für alle Massenartikel der Fahrradindustrie und verwandter Industrien — liefert einen harten silberweißen Niederschlag, der leicht polierbar ist. Besitzt hohen Metallgehalt und ist sehr haltbar, einfach in der Handhabung und leicht zu regenerieren. Vielfach wird mit diesem Bade mit einer kleineren Stromdichte gearbeitet und man reicht dann mit 2,5 Volt Badspannung aus.

Nickelbad aus Nickelsalz „Rhenania" besteht aus:

XI.	**Wasser**	**1 l**
	Nickelsalz „Rhenania"	**100 g**

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . **2 Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . **0,5 „**
Stromdichte . . . . **0,35 Amper**
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: ca. 6° Bé
Spez. Badwiderstand: 3,3 Ω
Anodenmaterial: $^1/_2$ gegossene, $^1/_2$ gewalzte Rein-Nickelanoden.

Das Nickelbad Rhenania ist außerordentlich viel verbreitet und gibt einen sehr schnell deckenden duktilen Niederschlag. Anwendbar auf alle Gegenstände mit Ausnahme von Zink. Das Bad arbeitet bei einiger Geschicklichkeit des Arbeitenden sogar als Nickelplastikbad auf Wachs- oder Guttaperchaformen mittlerer Größe und zeichnet sich besonders durch seine Billigkeit aus.

Der früheren Firma Dr. G. Langbein & Co. wurde die Anwendung äthylschwefelsaurer Salze für galvanische Bäder, speziell für Nickelbäder patentiert. Die damit bereiteten präparierten Nickelsalze sind allerdings durch Verwendung dieses teuren Präparates etwas kostspieliger, zeichnen sich aber dagegen durch ein gleichmäßiges Arbeiten bei angestrengtester

Dauerbelastung der Bäder aus, hauptsächlich dadurch bedingt, daß die Anoden besser als in anderen Nickelbädern in Lösung gehen. Das glatte Lösen der Nickelanoden, wodurch einerseits tatsächlich die Badreaktion tunlichst konstant erhalten und anderseits dem Bade genau so viel Nickelmetall zugeführt, als durch den Strom ausgeschieden wird, ist ein eminenter Vorteil, den alle diejenigen Galvanotechniker zu schätzen wissen werden, welche durch mehrjährige Praxis Gelegenheit hatten zu beobachten, wie viele Zusätze die gewöhnlichen Nickelbäder erfordern und wie viel Anodenmaterial unnütz durch fehlerhaftes elektrolytisches Lösen der Nickelanoden verloren geht. Den nebenbei nicht bedeutenden Mehrpreis für solche moderne Salze bzw. präparierte Nickelsalze kann man daher ohne weiteres in Kauf nehmen, da man auf der anderen Seite Ersparnisse größeren Stiles dagegen eintauscht.

Nickelbad aus Nickelsalz „Lipsia“ D. R. P. besteht aus:

XII. Wasser . . . . 1 l
Nickelsalz „Lipsia“ . . . . 100 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . . 3,8 Volt
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . 0,45 „
Stromdichte . . . . 0,5 Amper
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: 7—7½° Bé
Spez. Badwiderstand: 2,15 Ω
Anodenmaterial: ⅓ gegossene, ⅔ gewalzte Rein-Nickelanoden.

Zum eventuellen Ansäuern des Bades ist verdünnte Äthylschwefelsäure 1:10 zu verwenden.

Das Bad arbeitet in alle Hohlräume von Artikeln aus Eisen, Stahl, Kupfer und Messing und gibt bei prachtvoller Weiße einen sehr duktilen, leicht zu polierenden Nickelniederschlag. Hauptzweck: zur Vernicklung von größeren Objekten aus Eisen und Stahl speziell zur Vernicklung von rohem Guß.

Nickelbad aus Nickelsalz „Germania“ D.R.P. besteht aus:

XIII. Wasser . . . . 1 l
Nickelsalz „Germania“ . . . . . . 100 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . 2,75 Volt
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . 0,5 „
Stromdichte . . . . 0,35 Amper
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: $6^1/_2$—$7^1/_2$° Bé
Spez. Badwiderstand: 3,18 Ω
Anodenmaterial: Gewalzte Rein-Nickelanoden.

Das Bad wird vorzugsweise für kleinere Artikel verwendet, auch für solche mit Schneiden und Spitzen. Sehr geeignet ist es zur glänzenden Vernicklung hauptsächlich von Kupfer und Messing; es liefert einen besonders dichten, starken und silberweißen Niederschlag auf solche Metalle.

Soll schnell vernickelt werden (in 8—10 Minuten), so kann hierzu die Spannung auf 5 Volt erhöht werden, wodurch die Stromdichte auf 1,2 Amper pro Quadratdezimeter steigt. Zum Ansäuern des Bades, wenn die schwach saure Reaktion verloren gegangen sein sollte, ist verdünnte Äthylschwefelsäure 1:10 zu verwenden. Zum Entfernen eines eventuellen Säureüberschusses bedient man sich kohlensaurer Magnesia oder einer Paste aus kohlensaurem Nickel und Wasser.

Spezielle Bäder für direkte Zinkvernickelung. Es soll die direkte Vernicklung von Zink hier durchaus nicht empfohlen werden, weil die Nickelschicht, auf Zink direkt niedergeschlagen, niemals festhaftet, und es ist deshalb jedenfalls geratener, wenn nur irgend möglich, die Zinkobjekte vor der Vernicklung in speziell für Zink geeigneten Bädern zu verkupfern oder zu vermessingen. Dennoch wird der Billigkeit halber oft eine direkte Zinkvernicklung ohne Zwischenlage verlangt, und man kann dies unter Anwendung der nachstehend angeführten Spezialpräparate auch ausführen, doch nur auf solchen Gegenständen, die nicht allzu profiliert sind, und vor allem auf solchen Gegenständen, die nach erfolgter Vernicklung keiner mechanischen Behandlung wie Drucken, Falzen, Biegen oder Stanzen ausgesetzt werden. Durch Erhitzen der direkt vernickelten Zinkgegenstände auf 200—250° läßt sich aber ebenfalls ein intensives Legieren des Nickels mit dem Grundmetall herbeiführen.

Als solche Bäder gelten folgende drei bewährten Bäder, und zwar

Nickelbad aus präp. Nickelsalz „Z“. Es besteht aus:

XIV.	**Wasser**	1 l
	Präp. Nickelsalz „Z“	100 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . . **3,5 Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . **0,52 „**
Stromdichte . . . . **0,8 Amper**
Badtemperatur: 18° C
Konzentration: 7° Bé
Spez. Badwiderstand: 1,299 Ω

Als Anoden sind nur gewalzte Rein-Nickelanoden zu verwenden, deren Fläche ebenso groß wie die Warenfläche ist. Man achte darauf, die Reaktion des Bades tunlichst neutral zu halten, keinesfalls darf die Lösung sauer reagieren und wäre in solchem Falle sofort mit Nickelkarbonat zu neutralisieren. Sollen profilierte Objekte aus Zink direkt vernickelt werden, so muß man die Elektrodenentfernung um so größer wählen, je tiefer die Unebenheiten des betr. Artikels sind.

Ein Bad mit dem denkbar kleinsten spez. Badwiderstand erhält man aus dem präp. Nickelsalz »ZC«. Dieses besitzt alle gute Eigenschaften des vorgenannten Bades aus Nickelsalz »Z«, doch ist man entsprechend dem außerordentlich niedrigen spez. Widerstand von 0,85 Ω imstande, bei einer Badspannung von 3 Volt und bei normaler Elektrodenentfernung von 15 cm eine Stromdichte von 1 Amp. pro Quadratdezimeter zu erhalten.

Nickelbad aus präp. Patent-Nickelsalz „Neptun“. Dieses Bad, das einen sehr biegsamen Niederschlag auf Zink liefert, besteht aus:

XV.	**Wasser**	1 l
	Präp. Nickelsalz „Neptun“	100 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . . **4,5 Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . **0,8 „**

Stromdichte . . . . 1,0 **Amper**
Badtemperatur: 18° C
Konzentration: 6,5° Bé
Spez. Badwiderstand: 1,59 *Ω*.

Das Bad ist überall dort mit größtem Erfolge anzuwenden, wo über eine genügend hohe Betriebsspannung verfügt wird, und gilt ganz allgemein das, was bei dem Nickelbad aus präp. Nickelsalz »Z« gesagt wurde. Da dieses Bad ebenfalls äthylschwefelsaure Salze enthält, soll zum Ansäuern bzw. zum Neutralisieren, wenn das Bad im Gebrauch alkalisch geworden sein sollte, verdünnte Äthylschwefelsäure 1:10 benutzt werden. Auch die Anwendung von Zitronensäure für solche Fälle ist zu empfehlen, da ein eventueller Überschuß hiervon der Arbeitsweise nicht schaden kann und sogar dann ein schöner heller Nickelniederschlag erhalten wird. Als Anoden dienen ebenfalls gewalzte Rein-Nickelanoden.

Bei der Vernicklung von Zink ist stets auf die leichte Löslichkeit des Zinks in selbst ganz schwach angesäuerten Bädern Rücksicht zu nehmen. Man muß bei dieser Art Vernicklung stets mit möglichst hoher Stromdichte den ersten Anflug von Nickel herbeiführen, um zu verhindern, daß die chemische Kette

Nickel | Nickelbad | Zink,

in der stets Zink die Lösungselektrode bildet, in Wirksamkeit tritt. Dies drückt sich immer durch ein hohes Kathodenpotential aus, welches den Wert dieser chemischen Kette übersteigen muß. Andernfalls entstehen an Punkten zu kleinen Potentiales Lösungsschichten, die Zink enthalten, und aus solchen Lösungen fällt der Nickelniederschlag dunkel aus. Man beobachtet dann z. B. in Vertiefungen solcher Zinkobjekte schwarze Streifen oder ganze Flecke — ein Beweis dafür, daß die angewendete Badspannung zu klein war.

Allgemeines über Bereitung der Nickelbäder. Weil die Nickelsalze meist schwer löslich sind, empfiehlt es sich, diese, wenn sie nicht schon in pulverisiertem Zustand geliefert werden, erst zu zerkleinern und zur Auflösung warmes Wasser (etwa 40 bis 50° C) zu verwenden, die vollständige Lösung durch

fleißiges Umrühren zu beschleunigen. Kleinere Bäder kann man in reinen emaillierten Eisentöpfen*) bereiten, wird sie aber erst erkalten lassen, bevor man sie in die zum Vernickeln bestimmte Steinzeugwanne gießt, um diese nicht der Gefahr des Zerspringens auszusetzen. Bei größeren Bädern wird man so vorgehen, daß man einen Teil des Wassers kalt in die Wanne gießt, die leicht löslichen Leitsalze darin zur Lösung bringt, das schwer lösliche Nickelsalz in einem emaillierten Eisentopf mit dem fünf- bis zehnfachen Wasserquantum warm löst, in die Wanne bringt, den Rest des Wassers hinzufügt und umrührend gut mischt. Vor der Verwendung muß das Bad auf die vorgeschriebene Temperatur abgekühlt sein. Gefäße aus Zink, Kupfer, blankem oder verzinntem Eisen dürfen weder zum Auflösen noch als Badbehälter verwendet werden, weil sie, von der Lösung angegriffen, die Nickelbäder verderben würden.

Für die gute Funktion eines Nickelbades ist es sehr wichtig, nur ganz neutrale Nickelpräparate zu verwenden, welche keine freie Säure enthalten; da aber diese Produkte nicht immer in solch tadelloser Qualität im Handel zu haben sind, sondern häufig mehr oder weniger sauer geliefert werden, ist es ein Gebot der Vorsicht, die Lösung des Nickelsalzes, bevor man sie mit den Leitsalzen mischt, mit Lackmuspapier zu prüfen. Das geschieht auf folgende Weise:

Man nimmt je einen Streifen blaues und rotes Lackmuspapier, hält beide mit Daumen und Zeigefinger in einem Winkel und taucht sie so in die zu prüfende Lösung einen Moment ein; ist beim Herausziehen (nicht etwa erst trocknen lassen) das blaue Lackmuspapier rot, so ist die Lösung sauer, d. h. sie enthält freie Säure; ist dagegen das rote Lackmuspapier blau geworden, so ist die Lösung alkalisch oder ammoniakalisch, d. h. sie enthält freies Alkali oder Ammoniak. Hat keiner der beiden Lackmuspapierstreifen seine Farbe merklich geändert, so ist das ein Zeichen, daß die Lösung neutral ist, also weder freie Säure noch freies Alkali enthält.

Die Lackmuspapiere sind sorgfältig in einem wohlverschlossenen Glas, das rote von dem blauen getrennt, aufzubewahren, denn sie verändern ebenso wie in den

*) Die Emaille muß säurebeständig und zinkfrei sein.

Lösungen auch an der Luft ihre Farben, wenn diese mit Säuren- oder Ammoniakdämpfen erfüllt ist, und das ist in unseren Elektroplattierwerkstätten immer der Fall. Selbstverständlich ist jedes Stückchen Lackmuspapier, welches einmal zu einer Probe gedient hat, nicht mehr brauchbar.

Zeigt bei dieser Untersuchung das blaue Lackmuspapier eine ausgesprochen ziegelrote Färbung, so ist mit Salmiakgeist zu neutralisieren; man gießt nach und nach in kleinen Quantitäten vorsichtig und unter beständigem energischen Umrühren so lange Salmiakgeist zu, bis keines der beiden Papiere die Farbe ändert. Sollte hierbei zu viel Salmiakgeist zugesetzt worden sein, so wird sich dies durch Blaufärbung des roten Lackmuspapiers bemerkbar machen und müßte durch ebenso vorsichtiges Zusetzen von verdünnter Schwefelsäure korrigiert werden.

Ein »Abkochen« der Nickelbäder vor dem Gebrauch hat gar keinen Zweck, für solche mit Zusatz von zitronensaurem Natron ist es sogar höchst nachteilig. Ein Abkochen gemäß der Vorschrift, wie z. B. die Langbein-Pfanhauser-Werke sie zwecks Regenerierung alter Bäder geben, ist damit nicht identisch, denn in solchen Fällen handelt es sich stets um das Ausfällen von Fremdmetallen, ein Prozeß, bei welchem allerdings die Badlösung zum Kochen erhitzt werden muß.

Das »vom Strom Durcharbeitenlassen« der Bäder hat nur in dem Fall einen Zweck, wenn ein Nickelbad durch irgend ein Versehen stark kupferhaltig wurde und dadurch die Vernicklung beeinträchtigt wird. In solchem Fall kann man das Kupfer aus dem Bad entfernen, wenn man als Anoden Nickelplatten, als Kathoden mehrere reine Eisenblechstreifen einhängt und mit einer Badspannung von nur 0,5 Volt arbeitet; in gewissen Intervallen (etwa alle 2 Stunden) entfernt man den Kupferanflug von den Eisenkathoden durch Eintauchen in verdünnte Salpetersäure und Abreiben mit Sand und Wasser.

Wenn sich bei neuerlichem Einhängen der Eisenbleche ein Kupferanflug nicht mehr zeigt, so ist der Zweck der Entkupferung des Nickelbades erreicht.

Daß die vorgeschriebene Temperatur der Bäder (normalerweise 15—20° C) insbesondere im Winter einzuhalten ist, sei hier nochmals erwähnt.

Die Nickelanoden. Wir müssen uns vor allem über »die Wahl der Nickelanoden« im klaren sein.

Von der Verwendung unlöslicher Anoden wie Platinblech oder Kohlenplatten, wie dies früher üblich war, ist man ganz abgekommen, weil die Lösung sehr rasch nickelarm und sauer wird, das Wiederzuführen von Nickel zeitraubend, umständlich und unrationell ist. Jetzt verwendet man nur mehr Nickelanoden, welche durch den elektrolytischen Prozeß das aus der Lösung gezogene Nickel nahezu vollständig wieder ersetzen.

Bei der Anschaffung der Nickelanoden muß man die Versicherung haben, daß diese wirklich »rein« seien, nicht unter 98% Reinnickel enthalten! Es kommt häufig vor, daß Neusilber, Argentan, Packfongblech auch als Nickelanoden verkauft werden; das sind Nickellegierungen mit Kupfer oder mit Kupfer und Zink bis zu einem Gehalt von nur 30% Nickel, im Ansehen schön weiß, oft schöner wie die reinen Nickelanoden. Es leuchtet ein, daß bei Verwendung solcher Legierungen die Nickellösung sehr bald mit Kupfer und Zink verunreinigt und deshalb unbrauchbar wird.

Wir haben die Wahl zwischen »gegossenen« und »gewalzten« Anoden. Für die Vernicklung bleibt es sich im allgemeinen ganz gleich, ob man die einen oder anderen verwendet, nicht aber für die Funktionsdauer des Bades, die je nach dessen Zusammensetzung die Wahl der einen oder anderen Sorte bedingt. Auch das Verhältnis der Anodenfläche zu jener der im Bad hängenden Waren beeinflußt die Veränderung oder praktisch mögliche Konstanthaltung der Nickellösungen. Es wurde bei jeder Nickelbadzusammensetzung angegeben, ob gegossene oder gewalzte Anoden zu verwenden seien, auch hat Verfasser das Verhältnis der Anodenfläche zur Warenfläche vorgeschrieben, und zwar auf Grund eingehender Versuche, die unternommen wurden, um die Bedingungen festzustellen, unter welchen die Bäder am längsten funktionsfähig bleiben.

Es ist eine altbekannte Tatsache, daß fast alle Nickelbäder bei gleich großen Anoden- und Warenflächen auch bei normalen Stromverhältnissen bei Verwendung gewalzter Anoden sauer und metallarm, bei Verwendung gegossener Anoden

alkalisch, beziehungsweise ammoniakalisch werden; in den älteren Auflagen dieses Werkes wurde schon der Vorschlag gemacht, diesem Übelstand dadurch zu begegnen, daß teils gewalzte, teils gegossene Anoden nebeneinander zu verwenden seien, und manche Autoren haben bis heute noch strenge daran festgehalten.

Die Untersuchungen des Verfassers in dieser Richtung haben aber gelehrt, daß diesem Übelstand auch durch entsprechende Regulierung der Anodenstromdichte abgeholfen werden kann.

Jeder Praktiker weiß aus Erfahrung, daß eine geringe Gasentwicklung (Wasserstoff) an der Ware niemals zu vermeiden ist, auch bei geregelten Stromverhältnissen stattfindet. Da nun (siehe »Allgemeines über die Veränderungen der Bäder, Seite 151) die Wasserstoffentwicklung nur unter gleichzeitiger Bildung von freiem Alkali vor sich geht, dieses aber alsbald das Bad störend verändern würde, so muß durch geeignete Regulierung der Stromdichte an der Anode dort so viel freie Säure gebildet werden, um das an der Ware entstehende Alkali zu neutralisieren. Da aber das Lösen des Nickels von der Anode in Bädern normaler Art nur dann regelrecht vor sich geht, wenn die Anodenstromdichte sehr klein ist (etwa $^1/_2$ bis $^1/_3$ der Warenstromdichte), so geht daraus hervor, daß die Anodenfläche bestimmt sein muß. Es ist nun ganz einerlei, ob man Walz- oder Gußanoden verwendet, wenn man die Anodenplatten so dimensioniert, daß deren wirksame Fläche im Verein mit der Badstromstärke diejenige Anodenstromdichte bewirkt, welche zur Erzeugung der erforderlichen Menge freier Säure behufs Neutralisation des an der Ware entstandenen Alkalis nötig ist.

Aus Versuchen des Verfassers hat sich ergeben, daß die wirksame Oberfläche der Gußanoden ungefähr drei- bis viermal so groß ist als die der gewalzten.

Aus ökonomischen Gründen wird man demnach Gußanoden entschieden vorziehen, zu den Walzanoden nur dann greifen, wenn es sich um Nickelbäder handelt, die mit gewalzten Anoden ökonomischer arbeiten. Das gilt speziell von warmen Bädern oder von solchen, in denen mit höherer Stromdichte gearbeitet wird und die leicht zum Alkalischwerden neigen.

Bei Anschaffung der Anoden ist darauf zu achten, daß sie nicht zu hart seien, weil solche begreiflicherweise dem elektrolytischen Lösungsprozeß mehr Widerstand entgegensetzen, also auch weniger leicht Nickel dem Bad zuführen als weiche.

Daß die Anoden nicht mit Draht eingehängt werden sollen, wie noch vielfach üblich, sondern mit breiten, mit Nickelnieten angenieteten Blechstreifen aus Hartnickel, oben zum Aufhängen umgebogen, wurde auf Seite 326 bereits ausführlich erklärt.

Daß immer zu beiden Seiten der Ware Anoden hängen sollen, daß letztere im Bad annähernd die gleiche Tiefe erreichen müssen wie die eingehängte Ware, daß die Anoden mit der äußeren Leitung in einem innigen Leitungskontakt stehen müssen, das heißt auf den Einhängestangen in einer, den guten Kontakt sichernden Weise aufgehängt seien, daß ferner je nach der Form der zu vernickelnden Gegenstände die Entfernung zwischen diesen und den Anoden zu berücksichtigen sei, wurde alles bereits erörtert und auf die Übelstände aufmerksam gemacht, die man bei Nichtbeachtung zu gewärtigen hätte.

Die Nickelanoden können immer ruhig im Bad hängen bleiben, brauchen nie herausgenommen oder abgewaschen zu werden, ausgenommen in dem Fall, wenn sich Nickelsalzkristalle ansetzen, die man durch Eintauchen in kochendes Wasser leicht ablösen kann. Diese Ausscheidung von Salzkristallen wird aber nur bei überkonzentrierten Bädern oder im Winter bei sehr niederer Temperatur der Lösungen sich zeigen. Allerdings ist es praktisch, speziell gegossene Nickelanoden in den ersten Tagen ihrer Anwendung mehrmals aus dem Bad zu nehmen und sie mit scharfen Eisendrahtbürsten zu behandeln, um die auf jeder Anode sitzenden Reste der Gußhaut zu entfernen. Die Anoden lösen sich dann weit glatter, und es tritt dann weniger leicht die die Anoden zerstörende Bildung von Nickelsuperoxyd ein.

Das bei Nickelanoden öfter beobachtete »Rotwerden« kommt stets in mehr oder weniger sauren Bädern vor und Verfasser hat durch Untersuchung dieses Anfluges gefunden,

daß es tatsächlich Kupfer ist. Die Erklärung dieser Erscheinung ist die, daß ein geringer Kupfergehalt der Lösung in der Umgebung der Anode von dem elektropositiveren Nickel ausgeschieden wird. Dieser Kupfergehalt kann auf zwei Arten in die Lösung kommen: entweder durch die Anoden oder durch Auflösen kupferhaltiger Waren infolge Manipulationsfehler.

Es ist praktisch unvermeidlich, daß bei der großindustriellen Erzeugung der Nickelanoden auch bei der größten Sorgfalt und Gewissenhaftigkeit diese immer noch geringe Spuren Kupfer enthalten (bei guten Anoden nie über 0,1 bis 0,2 %). Absolut kupferfreie Nickelanoden industriell darzustellen ist unmöglich, selbst auch in elektrolytisch erzeugten Nickelplatten wurden Spuren von Kupfer gefunden; der Praktiker braucht sich bei Wahrnehmung des »Rotwerdens« der Nickelanoden nicht zu beunruhigen, solange es sich nur um einen minimalen Kupfergehalt handelt; nimmt dieser überhand, was bei Verwendung guter Anoden niemals von diesen, sondern nur durch andere Umstände verursacht werden konnte (etwa bei Verwendung roher kupferhaltiger Nickelsalze!), so ist die Seite 428 angegebene Methode der Entkupferung anzuwenden.

Pflege der Nickelbäder. Vor allem sei immer wieder empfohlen, der Temperatur der Nickelbäder die nötige Aufmerksamkeit zu widmen, insbesondere in der kalten Winterszeit; unter 15° C dürfen die Bäder nie abkühlen, sonst arbeiten sie unregelmäßig oder gar nicht. Der Wichtigkeit der Temperatur halber soll ihr weiter unten ein spezielles Kapitel gewidmet werden. Die Konzentration der Nickellösungen hat auf den Vernicklungsprozeß nicht jenen großen Einfluß, wie vielfach angenommen wird; eine Badschwere zwischen 4 und 8° Bé wird kaum je irgend eine nennenswerte Störung verursachen. Verfasser hat bei Zusammensetzung der Vernicklungslösungen, speziell nach Pfanhauser jeweilig diejenige Konzentration festgestellt, wobei ein Auskristallisieren der Salze auch bei niederer Temperatur nicht stattfinden wird. Die Messung der Schwere der Bäder mittelst des Aräometers soll immer bei der Temperatur vorgenommen werden, die in den Vor-

schriften als normal angegeben ist, denn die Angaben des Aräometers würden leicht falsch sein, wenn man eine Lösung, die normal bei 18° arbeitet, z. B. bei 50° C messen würde, die Konzentration würde zu niedrig angezeigt werden.

Alle Bäder »trocknen ein«, d. h. das Lösungswassser derselben verdunstet, infolgedessen vermindert sich das Quantum, die Lösung wird immer konzentrierter. Man gieße zeitweise Wasser zu, um die ursprüngliche Badhöhe zu erhalten.

Wird durch das Herausnehmen der Ware aus dem Bad viel Lösung verschleudert, besonders bei Waren mit Hohlungen ist dies bedeutend, so wird dadurch die Lösung immer weniger; man wird stets etwas fertiges Bad im Vorrat halten, um diesen Abgang zu ersetzen, oder durch Hinzulösen des s. Z. verwendeten Präparates nach Auffüllen des Bades das Bad wieder auf die normale Schwere bringen.

Viele Praktiker begehen den Fehler, daß sie alten Nickelbädern in dem Glauben, daß diese metallarm seien, nicht nur Nickelsalz, sondern auch Leitsalze zusetzen; ist ein Nickelbad wirklich metallarm geworden, so genügt der Zusatz eines einfachen Nickelpräparates (meist Nickelsulfat oder Nickelkarbonat); an Leitsalzen wird es nur selten fehlen, ein Zusatz derselben wird nur unnötig das Bad verdicken und das ist für dessen Verwendbarkeit kein Vorteil.

Im allgemeinen sind die Nickelbäder nicht gar so empfindlich, als viele Praktiker fürchten; mit dem Korrigieren derselben möge man recht überlegt vorgehen, meist wird allzu vorzeitig und zu viel laboriert und gerade dadurch so manches Bad verdorben. Verfasser hat oft Gelegenheit, in der Praxis Nickelbäder zu sehen, die ganz trübe, mißfarbig und scheinbar sehr korrekturbedürftig sind, die aber trotzdem noch gut funktionieren; es soll damit nicht eine Vernachlässigung der Korrektur befürwortet, sondern nur darauf hingewiesen werden, daß der Vernickler im Fall eines Mißerfolges nicht immer sofort den Fehler im Bad suchen soll, sondern da, wo er in den meisten Fällen zu suchen sein dürfte, nämlich in der ungenügenden Dekapierung der Waren, unrichtigen Stromverhältnissen oder in der mangelhaften, vielleicht unterbrochenen Leitung usw.

Wenn die für jedes Bad vorgeschriebenen Stromverhältnisse, Anoden- und Warenflächenverhältnisse und die übrigen Daten streng genau eingehalten werden könnten, würde eine Veränderung der chemischen Beschaffenheit der Bäder nur selten eintreten und jegliche Korrektur erspart bleiben; weil dies aber in der Praxis ganz unmöglich ist, so ist es auch unvermeidlich, daß die Lösungen früher oder später Veränderungen erleiden und entsprechend korrigiert werden müssen. Das Prinzip der Veränderungen der Elektroplattierbäder wurde Seite 151 ff. ausführlich klargelegt, Verfasser beschränkt sich hier darauf, nochmals zu wiederholen, daß bei Anwendung zu hoher Stromdichten an der Ware (zu kleine Warenflächen) die Nickelbäder »alkalisch« werden, bei zu hoher Stromdichte an den Anoden (zu kleine Anodenflächen) »sauer«. Diese beiden Reaktionsänderungen verursachen, je nachdem sie mehr oder weniger intensiv auftreten, auch mehr oder weniger fühlbare Mängel in der Qualität des Niederschlages.

Die Temperatur der Nickelbäder. Wie bei allen elektrolytischen Prozessen, spielt natürlich bei der Vernickelung die Temperatur der Bäder eine besonders wichtige Rolle. Nicht nur für die Arbeitsschnelligkeit und für das Verhalten eines Bades während der Vernickelung ist die Badtemperatur maßgebend, sondern es können durch verschiedene Reaktionen, die durch die oxydierende Wirkung des Stromes eintreten können, manche Badzusammensetzungen dauernd verändert werden, so zwar, daß es mitunter für den Fachmann fast unmöglich wird, die ursprüngliche Natur des Elektrolyten wiederherzustellen.

Die Erhöhung der Temperatur wirkt fast allgemein nur fördernd auf den Prozeß, denn mit steigender Temperatur wird einerseits das Anodenmaterial leichter gelöst, anderseits die glatte und wasserstofffreie Nickelfällung begünstigt. Die bessere Löslichkeit des Anodenmaterials mit steigender Temperatur, bedingt durch die Verringerung der Passivität des Nickels in wärmeren Lösungen, bringt es mit sich, daß man in warmen Nickelbädern von etwa 50—70° C anstatt der sonst leichter löslichen Gußnickelanoden solche aus gewalztem Nickel verwenden kann, ohne Gefahr zu laufen,

daß eine Verarmung an Nickel und eine Anreicherung an freier Säure eintritt. Für den Ausfall der Vernickelung selbst ist aber eine höhere Badtemperatur ganz besonders wichtig, weil speziell aus nickelreichen Bädern bei höherer Temperatur wasserstoffärmeres Nickel ausgefällt wird und es daher nur bei entsprechend höherer Temperatur im allgemeinen möglich wird, Nickelniederschläge herzustellen, die auch in größerer Dicke noch duktil sind und nicht abrollen. Auch für die zur Erzielung besserer Adhäsion des Niederschlages am Grundmetall maßgebende Legierungsbildung an der Berührungsfläche zwischen dem Niederschlage und dem Grundmetall ist die höhere Temperatur von eminenter Wichtigkeit.

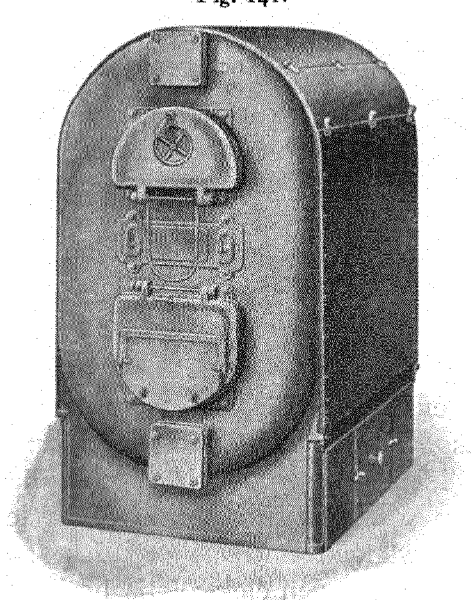
Begreiflich ist es nun, daß all diese günstigen Wirkungen der höheren Badtemperatur verschwinden, wenn man die Bäder zu kalt verwendet. Dagegen stellen sich unliebsame Erscheinungen ein, die jedem Vernickler bekannt sind. Bei Eintritt der kalten Jahreszeit, wenn die Bäder durch mangelhafte Erwärmung des Galvanisierraumes unter die normale Zimmertemperatur von 18—20° C abkühlen, treten diese Erscheinungen auf. Die Niederschläge vollziehen sich nur sehr langsam, sie springen leicht ab, werden glänzend, die Bäder arbeiten nicht in die tieferen Hohlräume u. dgl. An den Anoden bemerkt man häufig einen intensiven Geruch nach Ozon, in chloridhaltigen Bädern bei besonders tiefer Temperatur mitunter sog. Chlorgeruch. Sehr leicht kommt es auch vor, daß die in den Bädern gelösten Salze teilweise auskristallisieren und sich an den Badgefäßwänden und insbesondere an den Anoden ansetzen. Da ja durch den elektrolytischen Vorgang im Bade stets eine Konzentrationszunahme an den Anoden eintrittt, so wird allgemein das Ansetzen von Kristallen an den Anoden zuerst beobachtet. Man muß in diesem Falle sofort dafür sorgen, daß die Lösung auf die vorgeschriebene Temperatur gebracht wird, was am schnellsten durch Einleiten von Dampf mittelst Erwärmungs-Dampfschlangen aus Hartblei geschieht.

Steht Abdampf nicht zur Verfügung, so empfiehlt es sich, besondere kleine Dampfentwickler (ein solcher ist in Außenansicht in Figur 141 dargestellt) aufzustellen, die im Betrieb ganz ungefährlich sind und infolge geringen Brennstoff-

bedarfes sehr billig arbeiten. Figur 142 und Figur 143 zeigen die Schnitte durch solche „Strebelkessel", aus denen hervorgeht, in welcher Weise die Dampferzeugung vor sich geht. Das Anwärmen durch elektrische Heizapparate ist natürlich ebensogut durchführbar, wird auch mitunter ausgeführt, doch ist der Betrieb mit diesen elektrischen Heizvorrichtungen unvergleichlich teurer, wenn man nicht überflüssige elektrische Energie dazu verwenden kann.

Wirkt der Strom längere Zeit in kalten Bädern, so können chemische Reaktionen im Bade in einer Weise um sich greifen,

Fig. 141.

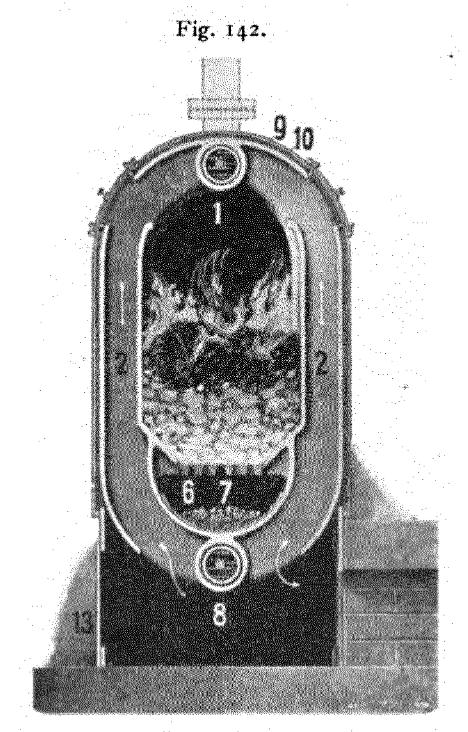


Strebelkessel (Außenansicht).

die die obenerwähnte dauernde schwer zu regenerierende Veränderung der Natur des Elektrolyten bedingen. Der Grund hierzu liegt in der Passivität des Nickels bei niedriger Temperatur des Elektrolyten. Selbst die sonst leicht löslichen gegossenen Nickelanoden verhalten sich dann fast wie unlösliche, unangreifbare Anoden. Die Anoden geben dann nicht nur wenig oder gar kein Nickelmetall an die Lösung ab, sondern es oxydieren sich die oxydierbaren Substanzen des

Nickelbades (Spuren von Eisen- und Kobaltsalzen), und wir haben es dann mit einem Gehalt der Lösung an Ferri- und Cobalti- nebst Nicolisalzen zu tun, die, wie in einem früheren Kapitel über glänzende Niederschläge bereits erörtert wurde, an der Kathode sich auf Kosten des ausgeschiedenen Nickels teilweise reduzieren, indem sie wieder etwas Nickel, das eben ausgeschieden wurde, ablösen und dadurch die Glättung des Niederschlages bewirken. Dadurch sinkt aber nicht bloß die

Fig. 142.



Strebelkessel (Querschnitt).

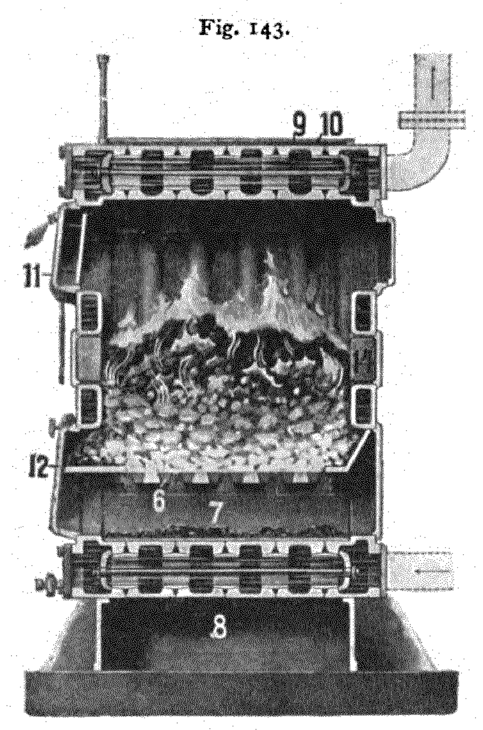
Stromausbeute, d. h. es wird pro Amperestunde mitunter nur 0,9 g Nickel und noch weniger ausgeschieden, sondern der Niederschlag wird weniger duktil, neigt leicht zum Abblättern und bekommt Risse.

Auch die sekundäre Ausfällung des Nickels durch an die Kathode gelangende Leitsalz-Kationen wird in der Kälte erschwert, es vollzieht sich dann leicht der einfachere Vorgang der Wasserzersetzung durch Ammonium- oder Natrium-

ionen u. dgl. — wir beobachten eine gesteigerte Wasserstoffentwicklung und die Niederschläge nehmen bedeutende Mengen von Wasserstoff auf, werden spröde und rollen schließlich unweigerlich ab.

Der Leser wird aus dem Vorstehenden entnehmen können, wie wichtig es ist, die Bäder warm zu halten, und gilt das hier Gesagte ganz allgemein auch für alle anderen galvanischen Bäder mit wenigen Abweichungen.

Fig. 143.



Strebelkessel (Längsschnitt).

Veränderungen der Nickelbäder. Alkalisch gewordene Nickelbäder färben rotes Lackmuspapier blau; man korrigiert diese mit verdünnter reiner Schwefelsäure (1 Teil Schwefelsäure in 25 Teilen Wasser), und zwar auf folgende Weise: Man gießt die verdünnte Säure langsam unter energischem Umrühren in kleinen Mengen in das Bad und beobachtet mit blauem Lackmus- und Kongopapier während dieser Prozedur fleißig die Reaktion des Bades, die dann

richtiggestellt ist, wenn das blaue Lackmuspapier eine schwach rötlichviolette Färbung zeigt, das Kongopapier noch unverändert ist. Man sei mit dem Zusetzen der verdünnten Schwefelsäure sehr vorsichtig, damit diese im Bad nicht dominiere, was durch Blaufärbung des Kongopapiers angezeigt wird. Sollte zu viel Schwefelsäure zugegossen worden sein, so wäre deren Überschuß mit Salmiakgeist in ebenso vorsichtiger Weise unschädlich zu machen. Das Ansäuern mit anderen Säuren wie mit Äthylschwefelsäure oder Zitronensäure ist bei den speziellen Bädern extra angegeben.

Die Verwendung von Salpetersäure zum Neutralisieren alkalisch gewordener Nickelbäder ist unbedingt zu vermeiden.

Sind Nickelbäder schwefelsauer geworden, so zeigt uns dies das Kongopapier an, welches bei Anwesenheit freier Schwefelsäure gebläut wird. Die Korrektur erfolgt mit Nickelkarbonat, welches als Brei in das Bad eingerührt wird. Zu viel davon schadet nicht, weil es ungelöst zu Boden sinkt. Wenn ein schwefelsauer gewordenes Bad rasch hergerichtet werden soll, so neutralisiert man mit reinem Salmiakgeist bis zur ursprünglichen schwachsauren Reaktion. Wenn die Lösung nach Richtigstellung der Reaktion nicht mehr die intensiv smaragdgrüne Farbe zeigt wie anfänglich, sondern wässerig, blaßgrünlich aussieht, so ist sie metallarm und ist noch mit Nickelsulfat nachzuhelfen (per Liter 10 bis 25 g).

In Bädern, welche Natroncitrat als Leitsalz enthalten, wird Schwefelsäure wohl nie dominierend auftreten, weil frei werdende Schwefelsäure das zitronensaure Natron sofort zersetzt, schwefelsaures Natron bildet und Zitronensäure frei macht. Ein geringer Gehalt freier Zitronensäure ist nicht sehr störend; wenn sie aber überhand nimmt, so kann sie die gleichen Übelstände verursachen wie freie Schwefelsäure und ist dann bis zur schwach sauren Reaktion mit einer Lösung von 1 Teil reinem Ätznatron in 20 Teilen Wasser abzustumpfen. Das Bad, welches gleichzeitig nickelarm geworden ist, ist mit Nickelsulfat nachzusättigen (per Liter 10 bis 25 g).

Nachfolgend sollen die verschiedenen

fehlerhaften Erscheinungen beim Vernickeln angeführt werden und auch (soweit dies möglich ist) die Ursachen be-

zeichnet und die Korrekturen angegeben werden, um dem Vernickler die Möglichkeit zu bieten, in solchen Fällen sich selbst helfen zu können.

Die Ware vernickelt sich gar nicht, oder wird schwarz, oder die Vernicklung zeigt dunkle Streifen:

Wenn gar kein Nickelniederschlag erfolgt, so ist meist eine Störung in der Stromzirkulation die Ursache; man sehe nach, ob überhaupt im Bad ein Strom zirkuliert, ob die Leitung unterbrochen ist, ob die Stromquelle funktioniert. Wird die Ware im Bad schwarz, so ist sehr oft die Verbindung unrichtig (verkehrter Strom).

Zeigt sich diese Erscheinung beim Vernickeln von Zinkgegenständen, so ist zumeist zu schwacher Strom die Ursache, indem der Polarisationsstrom den ins Bad geschickten primären Badstrom überwindet, wodurch das Zink der Ware in Lösung geht. Man vergrößere die Badspannung oder hänge bei flachen Gegenständen die Objekte näher an die Anoden. Reicht auch dann die Spannung noch nicht aus, so vergrößere man die Fläche der Anoden oder sorge für deren günstigere Verteilung gegenüber der Ware. Bei geregelter Badspannung achte man auf den Einhängekontakt der Anoden und Ware.

Man beobachtet oft in der unmittelbaren Umgebung von Löchern, Hohlräumen oder Falzstellen der Waren schwarze Streifen; diese sind durch Unreinheiten verursacht, die in diesen Innenräumen bei der Dekapierung zurückblieben, übersehen wurden. Bäder, in denen Zinkgegenstände vernickelt wurden, werden sehr bald zinkhaltig, die Vernicklung fällt dann schwarz gestreift aus; mit solchen zinkhaltigen Bädern ist für die Vernicklung von anderen Metallen nichts mehr anzufangen und sie sind durch neue zu ersetzen. Dunkle Streifen, welche vertikal an der Ware verlaufen, sind ein Anzeichen, daß das Bad alkalisch geworden ist; man neutralisiert mit Schwefelsäure, bis rotes Lackmuspapier nicht mehr blau gefärbt wird, blaues hingegen eine schwach rötliche Färbung zeigt.

Fleckiger Niederschlag, stellenweise bleiben die Objekte unvernickelt:

Die Ursache ist ungenügende Dekapierung, besonders dann, wenn die gereinigte und dekapierte Ware mit fetten Fingern angefaßt wurde. Man hilft diesem Übelstand dadurch ab, daß man die Objekte entnickelt, evtl. abschleift, nochmals entfettet und, ohne trocknen zu lassen, wieder ins Bad bringt. Will man dieses Abschleifen vermeiden, so kann man auch so verfahren, daß man nach gutem Spülen die Gegenstände im Cyanbade überkupfert, kratzt und dann mit dieser Zwischenlage versehen, eine neue Nickelschicht aufbringt.

Bei guter Dekapierung untersuche man die Art der Badbeschickung, ob sich nicht größere Flächen benachbarter Waren decken, hänge nötigenfalls diese auseinander. Tiefer liegende Stellen vernickeln sich besonders dann schwieriger, wenn die Bäder zu sauer sind oder die Elektrodenentfernung zu klein ist.

Beim Polieren nach dem Vernickeln geht der Niederschlag stellenweise ab:

Die Ursache ist entweder ungleicher Niederschlag infolge unrichtiger Elektrodenentfernung oder Dekapiermängel an den betreffenden Stellen oder Zinnlötstellen; man schleife die Vernicklung ab, entfette von neuem, Zinnlötstellen kratze man mit einer feinen Kratzbürste blank, eventuell verkupfere oder vermessinge man vor der Vernicklung. Der Grund zum Abplatzen der Nickelschicht trotz vorhergehender Verkupferung oder Vermessingung kann aber auch im Kupfer- oder Messingbad liegen. Man prüfe, ob dieser verbindende Niederschlag spröde (wasserstoffhaltig) ist, und trachte, erst einmal das Vorbad zur einwandfreien Funktion zu bringen.

Die Objekte vernickeln sich anfänglich schön weiß, werden aber nach kurzer Zeit grau, matt und unschön:

Der Strom ist in diesem Falle zu stark, man verringere die Badspannung durch Abschwächung mit dem Regulator, oder, wenn das Grauwerden nur an den äußersten Rändern und Kanten auftritt, hänge man die Waren von den

Anoden weiter weg oder aber verringere die Anodenfläche. Namentlich bei Vernicklung kleiner, einzeln eingehängter Gegenstände zeigt sich diese Erscheinung.

Voluminöse Objekte vernickeln sich ungleich,
die den Anoden zugekehrten Partien überschlagen, während die entfernteren schwach oder gar nicht vernickelt sind: Der Grund ist darin zu suchen, daß die Elektrodenentfernung zu klein war, man vergrößere diese unter Anwendung größerer .Badspannung oder verwende ein geeigneteres Bad.

Ein langsam, unregelmäßig sich vollziehnder Niederschlag
deutet darauf hin, daß das Bad metallarm oder zu kalt ist; auch zu schwacher Strom kann die Ursache sein und muß dementsprechend abgeholfen werden. Bei Metallarmut sättige man mit Nickelsulfat oder »Auffrischsalzen« nach.

Dunkler, fleckiger, dabei glänzender Niederschlag
zeigt meist an, daß das Bad alkalisch geworden ist; gleichzeitig überziehen sich die Anoden mit einem schwarzen Anflug von Nickeloxydhydrat, der sich nach erfolgtem Neutralisieren und entsprechendem Ansäuern bei Stromdurchgang sofort wieder löst. Ist die Badreaktion normal, dann ist das Bad sicherlich eisenhaltig und man muß dann das Eisen eventuell durch Abkochen mit Soda oder Ammonpersulfat entfernen oder ein neues Bad ansetzen. Zum Abkochen werden je nach der Badzusammensetzung auch andere Karbonate verwendet, auch Chlorkalk leistet hierbei gute Dienste, speziell bei Bädern, die Zitronensäure enthalten.

Gelblicher Ton des Nickelniederschlages
tritt zumeist nur in alkalisch gewordenen Bädern auf, die man durch Ansäuern mit verdünnter Schwefelsäure oder Borsäure bzw. Auffrischsalz wieder schwach sauer stellt. Auch durch überhandnehmenden Kupfergehalt in der Lösung kann der Ton des Niederschlages beeinflußt werden; Abhilfe durch Entkupferung nach der Seite 428 angegebenen Methode. Bei Eisengußobjekten zeigt die Vernicklung einen gelblichen Ton, wenn mit zu schwachem

Strom gearbeitet wurde; der Praktiker muß, da soviele Argumente für das Gelbwerden des Niederschlages anzuführen sind, aus Erfahrung entscheiden können, in welcher Richtung er abzuhelfen hat. Oft erhalten die vernickelten Gegenstände, die schön weiß aus dem Bade kommen, erst nach dem Trocknen eine gelbliche Färbung. Man suche den Grund in unreinem Spülwasser; handelt es sich um Eisenobjekte, dann kann auch eine zu schwache Nickelschicht schuld sein.

Der Niederschlag zeigt porenartige Vertiefungen: Der Grund hierzu ist stets eine besondere Art der Wasserstoffentwicklung an der Kathode, die man durch geeignete Maßnahmen abstellen kann. Speziell in nickelarmen Lösungen oder in überkonzentrierten Bädern mit zu hohem Gehalt an Leitsalzen werden solche Poren beobachtet. Sie sitzen meist auf den der Badoberfläche abgekehrten Partien der in den Bädern exponierten Waren, aber auch an den vertikal hängenden Flächen kann man mitunter diese Erscheinung beobachten. Man hilft sich am besten durch geeignete Zusätze oder durch Verdünnung der Lösung oder aber durch Anwärmung der Lösung, so daß eben die Zähigkeit der Lösung verringert und das Entweichen der anhaftenden Gasblasen erleichtert wird. Auch durch öfteres Reinigen der Gegenstände oder durch Rühren der Bäder kann man dasselbe erreichen. Der Spezialist hat dafür aber auch besondere Präparate, deren Zusatz auf rein wissenschaftlicher Überlegung basiert; es sei hier darauf verwiesen, ohne die weit führende wissenschaftliche Erklärung über deren Wirkungsweise zu besprechen. Die geeigneten Präparate, die man hier zusetzt, enthalten meist Zitronensäure oder dergl.

Stark glänzende, harte und zum Abplatzen neigende Niederschläge treten dann auf, wenn das Bad durch Eisen oder andere Metalle verunreinigt wurde, die in der Badflüssigkeit zu Oxydsalzen oxydiert werden konnten. Man muß dann die betreffenden Bäder mit Soda, Ammoniak oder Leichtmetall- (bezw. Erdmetall)-Karbonaten neutralisieren und zur Siede-

temperatur erhitzen, hierauf mit einem Oxydationsmittel solche Metalle in unlöslicher Form ausscheiden und die Lösung vom entstehenden Niederschlag abfiltrieren. Die Bäder arbeiten dann meist wieder normal.

Glänzende Niederschläge können aber dadurch entstehen, daß die Lösung organische Substanzen aufgenommen hat, und da hilft oft selbst das vorbeschriebene Abkochen nichts mehr und man kann solche Bäder nicht mehr retten.

Der Niederschlag zeigt sich brillant weiß, blättert jedoch ab:

Man untersuche, ob das Bad stark sauer reagiert, was gewöhnlich die Ursache davon ist, und neutralisiere bis zur schwach sauren Reaktion mit Ammoniak (Salmiakgeist) oder Nickelkarbonat. Ist das Bad stark sauer, so macht sich bei normalen Stromverhältnissen stets eine intensive Gasentwicklung an der Ware bemerkbar.

Ein Abblättern des Niederschlages in richtig reagierenden Nickelbädern und bei tadellos dekapierten Waren kann auch die Folge sein von zu langer Vernicklungsdauer bei zu starkem Strom oder schließlich die Folge allzu glänzender Unterlage, was unbedingt zu vermeiden ist.

Im allgemeinen sei bemerkt, daß man an einem Bad, solange es gut funktioniert, nichts korrigieren oder verbessern soll; man wird daher stets nur im äußersten Bedarfsfall zur Korrektur der Nickelbäder greifen, wenn man die Überzeugung hat, daß wirklich nur ein fehlerhafter Zustand der Lösung die Ursache einer fehlerhaften Vernicklung ist.

Bei guter Pflege können Nickelbäder recht lange funktionsfähig erhalten werden. Versagen sie endlich den Dienst, so wird man sich darüber nicht wundern dürfen, wenn man in Erwägung zieht, daß ein Nickelbad durch den elektrolytischen Prozeß nicht besser wird, daß ferner sich darin sowohl durch hineinfallenden Staub als auch durch das Einhängen der verschiedenen, zu vernickelnden Metalle und namentlich durch den in den Innenräumen derselben haftenden Schmutz immer mehr Unreinheiten sammeln.

Wenn man weiter in Erwägung zieht, daß bei dem jetzt so billigen Preis der Nickelsalze der Wert eines Nickelbades nicht bedeutend ist, wenn man ferner berechnet, wieviel aus einem Nickelbad herausvernickelt werden kann, wie glänzend sich ein solches rentiert hat, bis es endlich den Dienst versagt, so wird man wohl zu dem beruhigenden Schluß kommen, daß es das Beste sei, sich darauf zu beschränken, das Bad in der erklärten Weise zu pflegen, damit so lange zu arbeiten, als es gut funktioniert; wenn es endlich den Dienst versagt, kann man es mit Beruhigung ohne jede Verschwendung durch ein neues Bad ersetzen. Je kleiner das angewendete Badquantum ist und je intensiver das Bad benutzt wird, um so eher verändert sich die Badzusammensetzung. Man muß daher alle Schnellnickelbäder oder solche, welche für Trommel- oder Schaukelapparate verwendet werden, möglichst oft auf ihre richtige Zusammensetzung prüfen.

Aus alten unbrauchbar gewordenen Nickellösungen läßt sich das darin enthaltene Nickel mit Ätznatron ausfällen; allerdings fallen auch evtl. Verunreinigungen durch Fremdmetalle gleichzeitig mit; bei dem billigen Preis des Nickels wird es sich aber kaum verlohnen, weil diese Manipulation mehr Arbeit macht, als das dadurch wiedergewonnene Nickel wert ist.

Manipulation beim Vernickeln. Messing, Bronze, Tombak, Neusilber, Kupfer und alle kupferhaltigen Legierungen werden direkt vernickelt; auch Eisen und Stahl lassen sich direkt vernickeln, werden aber häufig des Rostschutzes wegen vorher vermessingt, worüber wir später eingehender sprechen werden. Zink, Zinn, Blei, Britannia u. ä. Weichmetalle werden fast ausschließlich vorher verkupfert oder vermessingt, weil eine direkte Vernicklung leicht mißlingt.

Daß die Einhaltung der richtigen Stromverhältnisse auch beim Vernickeln auf die Qualität des Niederschlages von größtem Einfluß ist, leuchtet nach den so oft wiederholten diesbezüglichen Erklärungen ein; es sind daher die bei den einzelnen Badzusammensetzungen angegebenen Daten im Interesse der Haltbarkeit der Bäder möglichst einzuhalten.

Elementbetrieb. Wird mit Elementen vernickelt, so genügen im allgemeinen drei auf Spannung verbundene Bunsen-Elemente oder Elementgruppen. Es ist zweckmäßig, in den Stromkreis einen Badstromregulator einzuschalten, um einen der allmählichen Erschöpfung der Elemente entsprechenden Widerstand aus dem äußeren Schließungsbogen ausschalten zu können; ebenso ist ein Voltmesser behufs Kontrollierung der Badspannung von außerordentlicher Wichtigkeit.

Bis zu einer Warenfläche von	verwende man 3 auf Spannung verbundene Elemente mit einer wirksamen Zinkfläche von ungefähr
10 qdm	5,8 qdm
15 "	7,9 "
25 "	12,4 "
usf.	usf.

Falls Zinkobjekte mit Elementbetrieb vernickelt werden sollen, muß der größeren anzuwendenden Stromdichte gemäß die Batterie entsprechend größer dimensioniert werden, und zwar muß für die oben angegebenen Warenflächen stets eine doppelt so große Batterie in Anwendung kommen, um einer allzu raschen Erschöpfung vorzubeugen. Man schaltet dann immer drei Gruppen parallel geschalteter Elemente hintereinander, und zwar in jeder Gruppe zwei oder mehr Elemente, je nach Bedarf.

Bezüglich der Einrichtung und des Betriebes mit Elementen wird auf das Kapitel »Betrieb mit Elementen« verwiesen.

Bei der jetzt so entwickelten Vernicklungsindustrie ist vorauszusetzen, daß mit wenigen Ausnahmen fast allgemein schon mit Dynamomaschinen gearbeitet wird, und darf man wohl auch annehmen, daß in gut eingerichteten Anstalten alle erforderlichen Meß- und Regulierapparate vorhanden sind, mit deren Hilfe der Vernickler die Regulierung der Stromverhältnisse beherrscht.

Bei der Beschickung des Bades ist mit Hilfe des Regulators sofort die Badspannung richtigzustellen, um ein »Überschlagen« zu vermeiden; während der weiteren Beschickung ist der die Badspannung anzeigende Voltmesser stets zu be-

obachten und jene entsprechend der Vergrößerung der Warenfläche zu regulieren, dies erfordert natürlich, daß jedes Bad möglichst seinen eigenen Voltmesser hat.

Beim Einhängen der Gegenstände ist die Vorsicht zu empfehlen, den umwickelten Draht auf der Warenstange einigemal ganz energisch aufdrückend hin und her zu reiben, und zwar hat dies einen doppelten Zweck:

1. Wird sowohl der Draht als auch die Kupferstange an der Berührungsstelle blankgescheuert, der Kontakt wird dadurch inniger hergestellt, und eine etwaige stromhemmende Isolierung (durch Oxyd, Grünspan oder sonst eine Unreinheit) beseitigt, die ungehinderte Zirkulation des elektrischen Stromes wird begünstigt.
2. Luftblasen, die allenfalls an der Oberfläche der Gegenstände anhaften (es kommt dies namentlich bei glanzgeschliffenen [polierten] Objekten leicht vor), ebenso die in Hohlräumen eingeschlossene Luft, an deren Stelle begreiflicherweise entweder gar kein oder ein weniger festhaftender Niederschlag stattfinden würde, werden durch diese Erschütterung beseitigt.

Man wird den guten Zweck dieser Vorsichtsmaßregeln einsehen und es kann dies jedem Praktiker nur empfohlen werden, nicht nur allein beim Vernickeln, sondern überhaupt bei allen Elektroplattierungen es sich zur Gewohnheit zu machen, die im Bad hängenden Gegenstände auch während des Prozesses so oft als möglich zu schütteln, entweder durch Anreiben des Drahtes auf der Metallstange oder durch Schütteln der Metallstange im ganzen. Diese Gewohnheit soll so weit gehen, daß der Elektroplattierer nie in sein Bad sieht und nie beim Bad vorübergeht, ohne die Gegenstände zu schütteln und dadurch das ganze Bad in Bewegung zu bringen. Es hat dies noch einen dritten guten Zweck, nämlich den, daß die die Objekte umhüllende nächste Schichte des Bades, welche begreiflicherweise bald ihres Metallgehaltes beraubt wird, durch eine frischgesättigte Schichte ersetzt werde, und durch diese gewaltsam herbeigeführte Zirkulation im Bad der Gang des Elektroplattierprozesses begünstigt wird.

Bei Gegenständen mit großen Flächen sehe man darauf, daß sich diese nicht stellenweis decken, hänge sie daher mit entsprechenden Zwischenräumen ein; kleine, zu Bündeln aufgereihte Objekte sind locker voneinander zu trennen, um ein Aneinanderliegen zu verhindern und einen allseitig gleichmäßigen Niederschlag zu ermöglichen. Besonders große oder voluminöse Gegenstände sollen aus dem gleichen Grunde öfters gedreht und gewendet werden.

Einige Zeit nach der Badbeschickung überzeugt man sich, ob die eingehängten Objekte allseitig gleichmäßig sich übernickeln; wenn dies nicht der Fall ist, helfe man sofort ab, entweder durch Behebung eines etwaigen Kontaktfehlers oder Dekapiermangels, um sich Mißerfolge zu ersparen.

Sollte bei Beginn der Vernicklung an der Ware eine heftige Gasentwicklung bemerkbar sein, so wäre dies ein Zeichen zu starker Stromwirkung: entweder wurde die richtige Regulierung der Badspannung übersehen oder ist die Warenfläche überhaupt zu klein, so daß der Regulator zur Richtigstellung der Badspannung nicht ausreicht; in diesem Falle müßte man die Warenfläche vergrößern, also noch mehr Ware einhängen oder die Anodenfläche verkleinern, eventuell Anoden zur Ware zuhängen. Bei Fortsetzung der Vernicklung mit zu stark wirkendem Strom würde die Vernicklung anstatt schön weiß, bald grau, matt und unbrauchbar werden.

Je nach der kürzeren oder längeren Vernicklungsdauer wird der Niederschlag schwächer oder stärker ausfallen. Wir unterscheiden dementsprechend eine leichte Vernicklung, eine solide Vernicklung, eine Starkvernicklung.

Die Stärke der Nickelschichte. Die leichte Vernicklung soll im Interesse des guten Rufes der Vernicklungsindustrie durchaus nicht empfohlen werden, denn begreiflicherweise kann diese auf Haltbarkeit und Solidität keinen Anspruch machen, ist nur geeignet, die Vernicklung zu diskreditieren.

Für leichte, billige Massenartikel, welche nur des besseren Aussehens wegen vernickelt werden, mag sie ja genügen; tatsächlich kalkuliert sich solch leichte Vernicklung billig deswegen, weil infolge der kurzen Vernicklungsdauer (von einigen Minuten, oft auch nur einige Sekunden) mit einer kleinen Ein-

richtung große Mengen Ware in kurzer Zeit vernickelt werden können und weil mitunter selbst das Nachpolieren erspart werden kann.

Die solide Vernicklung findet Anwendung zumeist für Dekorationsartikel, die nicht viel in manuellen Gebrauch kommen, wie figurale Metallobjekte, Schaustücke u. ä. Eine Vernicklungsdauer von 15 bis 30 Minuten in guten Nickelbädern genügt, um eine schon recht solide Vernicklung zu erzielen.

Als Starkvernicklung sollten nur solche Niederschläge gelten können, welche bei der angegebenen normalen Stromdichte bei einer Vernicklungsdauer von mehreren Stunden erzeugt wurden.

Die Starkvernicklung findet Anwendung für Gegenstände, die für täglichen Gebrauch dienen, die daher mit einer stärkeren Nickelschichte gedeckt sein müssen, welche der Abnützung lange Zeit widersteht, ohne daß das Grundmetall zum Vorschein kommt.

Bei der Starkvernicklung ist ein Kratzen während des Vernickelns nicht zu empfehlen; erfahrungsgemäß ist es am besten, die Vernicklung gar nicht zu unterbrechen, sondern die Gegenstände, fleißig bewegend, so lange im Bad zu belassen, bis die Vernicklung die gewünschte Solidität erreicht hat. Selbstverständlich schadet es nichts, behufs Beobachtung und Beurteilung des Niederschlages die Gegenstände einen Moment aus dem Bad zu nehmen und zu besichtigen, wenn man dieselben mit der Hand nicht berührt und sofort wieder einhängt; im allgemeinen soll man aber tunlichst jede Unterbrechung der Niederschlagsarbeit im Nickelbad vermeiden, da jedesmal nach einer Unterbrechung der Stromarbeit eine neue Nickelschichte entsteht, die auf der vorhergehenden um so loser haftet, je glänzender die Nickelschichte bei einer solchen Unterbrechung war.

Wenn die vorhergegangene Dekapierung eine tadellos vollkommene war und für Einhaltung der richtigen Stromverhältnisse gesorgt wird, wird der harte, dichte Nickelniederschlag keine Zwischenkorrektur erfordern.

Wird die Vernicklung unterbrochen, z. B. während der Mittagszeit, und man vernickelt dann wieder weiter, so pflegt in der Regel der zweite Niederschlag, wie oben erwähnt, sich vom ersten abzulösen; man richtet sich daher das so ein, daß solche Unterbrechungen nicht vorkommen. Ist dies unvermeidlich, oder sollte durch ein Versehen der Niederschlag nicht die gewünschte Qualität zeigen (überschlagen, abblättern), so hilft man sich in der Weise, daß man die halbvernickelten Gegenstände mit einer Zirkularkratzbürste aus härtestem Gußstahldraht (Drahtstärke 0,2—0,3 mm) blankkratzt, selbstverständlich abspült und mit einem schwachen, rötlichen Messingniederschlag als Zwischenlage versieht, abermals abspült und dann weiter vernickelt; so wird der neue Niederschlag recht gut haften.

Diese Starkvernicklung wird so wie jeder besonders starke elektrolytische Metallniederschlag, wenn er aus dem Bad kommt, eine matte, bei besonders langer Vernicklungsdauer sogar eine rauhe Oberfläche zeigen und muß derselbe dann poliert werden.

Starkvernicklung nach Gewicht. Seit längerer Zeit wird in den größeren Werken, namentlich in der Fahrradindustrie, aber auch in Geschirrfabriken, Besteckfabriken u. ä., der soliden starken Nickelauflage besonderer Wert beigemessen, und es werden dort die Objekte wirklich mit einer bestimmten Gewichtsmenge Nickel überzogen. Ähnlich wie bei der Versilberung bedient man sich auch hier der voltametrischen Wage (siehe bei Versilberung), und zwar fast ausschließlich unter Zuhilfenahme des Bleivoltameters als Vergleichslösung. Diese Lösung hat gegenüber der früher gebräuchlichen Kupfervoltameterlösung den Vorteil, daß sie sehr gut leitet und hohe Stromdichten an den Anoden und Kathoden zuläßt, so daß man verhältnismäßig kleine Vergleichsbäder anwenden kann, ohne einerseits die Genauigkeit der Messung zu berücksichtigen und ohne anderseits für diese Kontrolle eine besonders hohe Ausgabe für elektrische Energie*) zu verursachen.

*) Da das Bleivoltameter mit dem arbeitenden Nickelbad hintereinandergeschaltet ist, muß natürlich die Stromquelle eine Spannung liefern, die der Summe aus der

In nachfolgender Tabelle sind die maßgebenden Zahlen bei Gebrauch der voltametrischen Wage unter Benutzung des Bleivoltameters enthalten:

Wenn im Bade ausgeschieden werden sollen	Müssen nach Taxierung auf der Wagschale aufgelegt werden
Gramm Nickel	Gramm Gewichte
1	3,54
2	7,08
3	10,62
4	14,16
5	17,70
10	35,4
20	70,8
30	106,2
40	141,6
50	177
100	354

Rostsichere Vernicklung. Was die vielbesprochene Frage der direkten Vernicklung der Eisen- und Stahlobjekte als Schutz gegen Rost betrifft, so diene folgendes zur Aufklärung: Nickel ist ein gegen Eisen elektronegatives Metall, als solches demnach kein Rostschutzmittel; wohl aber kann ein solider, allseitig gleichstarker, das Eisen adhärent deckender, mit diesem sozusagen innig verwachsener, dichter Nickelniederschlag dieses »gegen das Rosten« dadurch schützen, daß er das Eisen umhüllt, gegen den rosterzeugenden Einfluß der atmosphärischen Luft und Feuchtigkeit (respektive des Sauerstoffes derselben) »deckt«.

Nun gibt es aber viele Eisen- und Stahlgegenstände, die aus mehreren einzelnen Stücken zusammengesetzt sind und fertig montiert vernickelt werden sollen; bei den Fugstellen bleiben unvermeidlich kleine Spalte oder Falze etc., die sich

Badspannung für das Nickelbad und der zum Betrieb des Bleivoltameters nötigen Spannung, vermehrt um die in der Gesamtleitung auftretenden Spannungsverluste, entspricht.

mit Nickel nicht überdecken, und an solchen Stellen wird sich, wenn die Objekte der Feuchtigkeit ausgesetzt sind, trotz starker Vernicklung Rost ansetzen.

Die Engländer und Amerikaner pflegen solche Eisen- und Stahlobjekte vor dem Vernickeln zu verkupfern, in dem guten Glauben, daß dies gegen Rost schütze, und viele Vernickler, insbesondere in der Fahrradindustrie, folgten deren Beispiel; aber auch Kupfer ist, wie im Kapitel »Verkupfern« bereits erklärt wurde, kein Rostschutzmittel, sogar noch weniger als Nickel, daher für den Rostschutz ganz zwecklos!

Als wirklich sicheres Rostschutzmittel kann nur einzig und allein »Zink«, höchstens noch Zinn gelten, welche als elektropositive Metalle den atmosphärischen Sauerstoff aufnehmen, dadurch das Oxydieren (Rosten) des Eisens verhindern.

Der Verfasser hat sich überzeugt, daß elektrolytisch verzinkte Eisenobjekte mehrere Jahre im Freien dem Einfluß des Witterungs- und Temperaturwechsels ausgesetzt waren und tatsächlich keine Spur von Rost zeigten.

In praktischer Verwertung dieser nicht zu widerlegenden Tatsache wären demnach Eisen- und Stahlgegenstände, um sie gegen Rost zu sichern, vor dem Vernickeln zu »verzinken oder zu verzinnen«. Allerdings erschwert eine solche Unterlage das nachherige Vernickeln, muß also überkupfert oder vermessingt werden, aber in Anbetracht der dadurch erreichbaren wirklichen Rostsicherheit wird man diese geringen Mehrkosten nicht scheuen, die übrigens bei guter Einrichtung nicht bedeutend sind.

Es wird auch vorgeschlagen, das Verzinken und nachherige Verkupfern oder Vermessingen in eine Manipulation zu vereinigen, nämlich »nur zu vermessingen«, und zwar anfänglich mit einer höheren Badspannung, um das Eisen mit einer »zinkreichen Messingauflage« zu decken, welche als Rostschutz dienen soll, dann allmählich die Badspannung vermindernd, um eine das Festhaften des nachfolgenden Nickelniederschlages sichernde kupferreichere Messingschichte zu erzielen.

Die Vernicklung von Messing, Bronze, Tombak, Neusilber, Kupfer und aller kupferhaltigen Legierungen.

Solche werden direkt vernickelt; nur auf Neusilber, wenn es sehr nickelreich legiert ist, haftet ein Nickelniederschlag nicht sehr verläßlich, dieses ist daher vorher zu verkupfern oder zu vermessingen.

Das Vernickeln der Weichmetalle (Zink, Zinn, Blei, Britannia u. ä.) läßt sich zwar auch direkt ausführen, macht aber einige Schwierigkeit, erfordert jedenfalls besondere Übung; insbesondere bei großflächigen oder voluminösen, hohlen Gegenständen ergibt sich sehr leicht eine mangelhafte Vernicklung durch Bildung schwarzer Streifen oder stellenweise unvernickelt bleibender Partien infolge der schon erwähnten Polarisation (Gegenstrom) besonders dann, wenn mit nicht genügend starkem Strom (zu niedriger Badspannung) manipuliert wird, es geht eben zu leicht solches Weichmetall in Lösung und wird dann neben Nickel ausgeschieden. Der so kombinierte Niederschlag ist schwarz.

Am besten eignet sich für direkte Vernicklung der Weichmetalle: für Zink das Vernicklungsbad »Neptun« mit der angegebenen hohen Badspannung von mindestens 4,5 V bei 15 cm Elektrodenentfernung und einer Stromdichte von 1 A per 1 qdm Warenfläche; für Zinn, Blei, Britannia das Bad V mit 2,8 V Badspannung, 0,5 A Stromdichte.

Die direkte Vernicklung dieser Weichmetalle soll aber durchaus nicht im allgemeinen empfohlen werden, weil sich dabei doch leicht Ausschuß ergibt; es ist lediglich Verdienst des Vernicklers, wenn er befriedigende Resultate erzielt, weniger das der Badzusammensetzung.

Meistens werden die Weichmetalle vor dem Vernickeln verkupfert oder vermessingt, weil dadurch das nachherige Vernickeln ungemein erleichtert wird. Auch hier ist wieder als Zwischenlage ein Messingniederschlag zu wählen, weil dessen hellere Farbe weniger durchschlägt als Kupfer, wenn beim Gebrauch der Nickelniederschlag abgenützt wird. Gleichwohl steht es im Belieben des Vernicklers, die zweifellos einfachere Verkupferung zu wählen, wenn er obige Befürchtung nicht hegt.

Das Verkupfern oder Vermessingen der zum Vernickeln bestimmten Weichmetallobjekte muß recht solid ausgeführt

werden, so daß das Weichmetall allseitig vollständig gedeckt ist, dessen Oberfläche tatsächlich aufgehört hat, Weichmetall zu sein, dann wird es sich ebenso wie Kupfer oder Messing anstandslos vernickeln lassen.

Besondere Schwierigkeiten verursachen hohle und voluminöse Gegenstände aus Weichmetall, wie Leuchter- oder Lampenfüße, Lampenkörper, Vasen, Becher u. ä.; deren Hohlräume müssen durch Hineinhalten einer Innenanode vernickelt werden, oder wenn sie unvernickelt bleiben können, wird man sie nach dem Verkupfern oder Vermessingen mit Asphaltlack decken, den man nach dem Vernickeln mit Terpentingeist wieder entfernt.

Sowohl beim direkten als auch beim indirekten Vernickeln der Weichmetalle ist es sehr wichtig, diese nie ohne Strom in das Bad zu bringen, also schon außerhalb desselben mit der Warenleitung zu verbinden, so daß der Strom in dem Moment zu wirken beginnt, in dem man den Gegenstand einhängt und so lange wirkt, bis derselbe wieder aus dem Bad ist; ebenso wird man einen sicherer haftenden Nickelniederschlag erzielen, wenn der erste Anschlag mit etwas kräftigerem Strom erfolgt, den man natürlich sofort entsprechend reguliert, sobald die Ware allseitig mit dem ersten Nickelhauch gedeckt ist.

Infolge der vorgeschriebenen hohen Badspannung wird sich unvermeidlich an den eingehängten Waren eine heftige Gasentwicklung bemerkbar machen, welche entgegen der Vorschrift bei allen anderen Elektroplattierungen in diesem Fall als Zeichen der geeigneten, genügend starken Stromwirkung anzusehen ist; der Vernickler sei daher bei Wahrnehmung dieser Erscheinung nicht allzu ängstlich, achte nur darauf, daß die Stromstärke nicht bis zum »Überschlagen« des Niederschlages übertrieben werde.

Die für Weichmetalle bestimmten Nickelbäder dürfen unter keiner Bedingung schwefelsauer reagieren (keine freie Schwefelsäure enthalten), sonst würden sie ganz ungeeignet sein, die Weichmetalle rasch angreifen und vorzeitig verdorben werden. Eine mit geringem Borsäurezusatz bewirkte, ganz schwach

saure Reaktion ist im Interesse eines brillant weißen Niederschlages recht vorteilhaft.

Es sei ferner nicht unerwähnt, daß Nickelbäder, in denen Weichmetalle vernickelt wurden, sehr leicht dadurch verderben, daß sich diese Metalle darin leicht lösen, insbesondere dann, wenn die Gegenstände stromlos oder mit zu schwachem Strom in den Bädern hängen. Solche mit Weichmetallen verunreinigte Lösungen sind gar nicht mehr zu korrigieren, absolut unbrauchbar und müssen von Zeit zu Zeit durch neue Bäder ersetzt werden.

Leichte Glanzvernicklung. »Leider« ist es fast allgemein üblich, die Gegenstände vor dem Vernickeln zu polieren; das ist unzweifelhaft sehr bequem und billig, weil die Objekte nach dem Vernickeln den brillanten Polierhochglanz behalten, allenfalls nur noch etwas nachgeputzt werden, um sofort als fertig und brillant glänzend vernickelt abgeliefert werden zu können.

Man muß »leider« sagen, denn es ist dieser Vorgang gewiß nicht im Interesse der Solidität der Vernicklung. Es wird wohl jedermann einleuchten, daß die Vernicklung, überhaupt jede Elektroplattierung auf der spiegelglatten Polierfläche des Unterlagsmetalles nicht so gut haften kann als auf einem mehr oder weniger rauhen Untergrund; überdies bietet die so wichtige Dekapierung solch polierter Objekte einige Schwierigkeit, weil sie nicht mit jener drastischen Rücksichtslosigkeit betrieben werden kann (ohne die Polierfläche zu alterieren) wie bei unpolierten Gegenständen. Man ist nur auf mechanische Reinigung angewiesen, eigentlich nur auf Entfettung, und da kann es leicht vorkommen, daß die Metallfläche mit einem für das Auge allerdings nicht wahrnehmbaren, aber dennoch vorhandenen Oxyd behaftet ist, was man in der Praxis »Anlauf« nennt, und dieses Oxyd ist es, welches ein inniges Zusammenwachsen (Adhärenz) des elektrolytischen Niederschlages mit dem Grundmetall verhindert; das Metall wird sich zwar mit dem Niederschlag überziehen, dieser aber schlecht haften.

Von einer starken Vernicklung kann bei vorher glanzpolierten Artikeln aus dem Grund keine Rede sein, weil die

Vernicklung wie jeder Niederschlag, sobald er eine gewisse Stärke erreicht, matt wird; dadurch wäre das vorherige Hochglanzpolieren ganz unnütz.

Die Behandlung polierter Objekte vor der Vernicklung ist folgende: Diese sollen nach dem Polieren nicht lange an der Luft oder im Wasser liegen, um ein Anlaufen (Oxydieren) der blankpolierten Oberfläche zu vermeiden, sonden womöglich direkt aus der Hand des Polierers (Schleifers) zur Vernicklung kommen.

Vor dem Vernickeln müssen sie selbstverständlich sorgfältigst entfettet und von jedem Anlauf (Oxyd) vollkommen befreit werden, und zwar geschieht dies in der Seite 243 ausführlich erklärten Weise entweder mit Fettlösungsmitteln oder Wienerkalkbrei, wobei der Polierhochglanz nicht leidet.

Nach dem Entfetten wird die Ware sorgfältig rein gewaschen und sofort noch naß in das Nickelbad eingehängt. Die Vernicklungsdauer wird man für leichte Glanzvernicklung nicht über 30 Minuten ausdehnen können, ohne den Polierhochglanz zu beeinträchtigen, der bei zu lange währender Vernicklung schleierig oder gar matt werden könnte, allerdings nachträglich durch Nachputzen mit Wienerkalkpulver oder Hochglanzmasse wieder herzustellen ist.

Meist wird für diese Art der Glanzvernicklung eine minder lange Vernicklungsdauer gebraucht, um dieses Nachglänzen auch noch zu ersparen, und begnügen sich manche Vernickler mit einer Einhängdauer von nur wenigen Minuten, gerade so viel, daß der Gegenstand mit Nickel gedeckt ist, wobei der Hochglanz gar nicht leidet, die Ware nach dem Trocknen fix und fertig ist; allerdings ist diese Vernicklung eine entsprechend sehr leichte.

Solide Glanzvernicklung. Zur Erreichung einer soliden Glanzvernicklung verfährt man wie folgt: Die polierten Gegenstände werden behufs gründlicher Reinigung in kochender Ätznatronlauge entfettet, siehe Seite 241, Messing, Kupfer und dessen Legierungen leicht gelbgebrannt (rasch durch die Gelbbrenne gezogen), Eisen und Stahl einige Minuten in verdünnter Schwefel- oder Salzsäure abgebeizt, mit Bimsstein-, Quarz- oder feinem Schmirgelpulver oder Wellsand gründlich ge-

scheuert, rein abgespült und sofort, noch naß, in das Nickelbad gebracht. Durch diese etwas drastische, aber gründliche Dekapierung wird allerdings der Polierglanz einigermaßen alteriert, aber durch das Nachglänzen nach der Vernicklung leicht wieder hergestellt. Jedenfalls ist es ein bedeutender Vorteil sowohl für die Solidität als auch für die Haltbarkeit der Vernicklung, wenn der Polierhochglanz auf diese Weise abgeschwächt, die Metalloberfläche dagegen gründlicher dekapiert werden kann.

Die Vernicklungsdauer kann in diesem Falle schon etwas länger ausgedehnt, also eine schon etwas solidere Vernicklung erzielt werden.

Der verloren gegangene Hochglanz wird auf der fertigen Vernicklung mittels feiner weicher Filzscheiben oder Baumwollschwabbel mit Zuhilfenahme von Hochglanzmasse oder feinst pulverisiertem Wienerkalk wieder hergestellt.

Noch verläßlicher zur Erreichung einer recht soliden, widerstandsfähigen, festhaftenden Glanzvernicklung ist folgender Vorgang: Die Metallwaren werden vorher nicht auf Hochglanz poliert, sondern nur fein matt ausgeschliffen; dies wurde in dem betreffenden Kapitel »Polieren der Metallwaren« schon erklärt. In diesem Zustand kann man die Objekte noch drastischer und verläßlicher dekapieren, weil man gar keinen Glanz zu schonen hat; auf dieser noch matten Fläche wird ein beliebig starker Niederschlag bei Beachtung aller hierzu erforderlichen Bedingungen gewiß ganz zuverlässig festhaften. Dieser Niederschlag wird, auf bekannte Weise auf Hochglanz geschliffen, eine sehr schöne Politur annehmen.

Namentlich für Eisen- und Stahlgegenstände, wie Fahrradbestandteile, chirurgische Instrumente, Säbel, Sporen, Pferdegebisse, Wagenbeschläge, Schlittschuhe usw. wird diese Art der starken Glanzvernicklung vollkommen entsprechen.

Die Vernicklung roh vorbearbeiteter Objekte ist wohl am bequemsten, weil die Dekapierung derselben ganz rücksichtslos energisch, also auch ganz gründlich betrieben werden kann. Die Art der Dekapierung nochmals zu wiederholen, ist überflüssig, weil diese für alle Metalle bereits ausführlich erklärt wurde.

Ganz roher, poröser Metallguß sollte doch womöglich erst etwas abgeschliffen oder abgeschmirgelt werden. Die Vernicklung, überhaupt jede Elektroplattierung, sieht auf einer feinkörnigen, glatten Metallfläche unvergleichlich schöner und eleganter aus als auf einer rohen, porösen, löcherigen Gußfläche. Das Abbeizen und Abscheuern roher Eisengußwaren ist so mühsam und umständlich, so daß es bei selbst nur einigermaßen rationeller Einrichtung mit Schleif- und Poliermaschinen viel einfacher und billiger ist, die Gußoberfläche abzuschleifen und zu egalisieren, nachher einfach zu entfetten und allenfalls noch, wenn die Gegenstände längere Zeit an der Luft gelegen und oxydiert sein sollten, abzubeizen und schließlich mit pulverisiertem Bimsstein und Schlämmkreide abzuscheuern, gründlich zu waschen, endlich zu vernickeln.

Wird der rohe Metallguß nicht weiter bearbeitet, nicht abgefeilt oder geschliffen, sondern soll er das rauhe Aussehen des rohen Gusses beibehalten, so ist die zweckmäßigte Vorbereitung zum nachherigen Vernickeln das Reinigen mittels Sandstrahl; daß diese Reinigungsmethode die rationellste ist, leuchtet ein und sei an dieser Stelle noch erwähnt, daß dadurch nicht allein das Metall blank und rein gemacht, sondern auch die Gußhaut entfernt wird und diese ist es, die infolge ihres schlackenähnlichen Charakters sowohl der Einwirkung der Säuren beim Beizen widersteht, als auch beim Elektroplattieren Schwierigkeiten verursacht, weil sie als isolierender Nichtleiter jeden Niederschlag verhindert.

Der Reinigung des rohen Gusses mittels Sandstrahl gebührt auch deswegen der Vorzug gegen die chemische Reinigung, weil bei letzterer unvermeidlich Säure und Feuchtigkeit in die Poren und Hohlräume des rohen Gusses eindringen, die auch durch das sorgfältigste Spülen nicht vollständig zu beseitigen und sehr oft Ursache sind, daß ein darauffolgender Niederschlag fehlerhaft wird oder die Bäder verdorben werden, während alle diese Unannehmlichkeiten bei Anwendung des trockenen Sandstrahles vermieden bleiben. Schließlich ist auch nicht zu leugnen, daß die chemische Reinigungsmethode mehr Kosten und Mühe verursacht als jene mittels Sandstrahl.

Es erübrigt nur noch, über die Vernicklung von rohem Eisenguß einiges zu sprechen, was für den Praktiker von Interesse sein dürfte. Das rohe Gußeisen enthält bekanntlich ziemlich viel Gußkohle eingeschlossen; Kohle ist auch ein Elektrizitätsleiter, läßt sich also ebenso wie Metall vernickeln. Man hat demnach nicht zu befürchten, daß die Kohlehaltigkeit des rohen Gußeisens die direkte Vernicklung erschwere, es vernickelt sich sogar ganz vorzüglich, und wenn man bei gehöriger Stromregulierung die Vernicklungsdauer möglichst lange ausdehnt, wird man auf solche Objekte eine vollkommen befriedigende Vernicklung erzielen. Wenn aber ein Verkupferungs- oder Vermessingungsbad vorhanden ist, wird man rohen porösen Eisenguß vor dem Vernickeln verkupfern oder vermessingen; zweifellos wird der rohe Guß dadurch rascher gedeckt und die Vernicklung erleichtert. Als geeignete Bäder dienen für direkte Vernicklung von Gußeisen das »Brillantbad oder das Marsbad, bzw. Lipsiabad«. Siehe daselbst.

Die Vernicklung voluminöser und hohler Körper macht keinerlei Schwierigkeit, wenn man die für das Elektroplattieren solcher Gegenstände wiederholt gegebenen Vorschriften beachtet, vor allem die Elektrodenentfernung dem Volumen und den Unebenheiten der eingehängten Gegenstände entsprechend regelt, so daß die Vernicklung sich allseitig gleichmäßig vollzieht.

Je größer das Volumen der Gegenstände, je unebener deren Oberfläche, je tiefer und enger die Hohlräume sind, desto größer wird man den Abstand zwischen der Ware und den Anoden machen und dementsprechend die Badspannung erhöhen; es wurde diesem Umstand bei den einzelnen Bädern Rechnung getragen und angegeben, um wieviel die Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung über oder unter 15 cm Normalentfernung zu erhöhen oder zu vermindern ist.

Für solche Körper aus Eisen und Stahl empfiehlt sich speziell das Brillant- oder Lipsiabad, wenn die Objekte aus Eisen oder Stahl bestehen, dagegen das Rhenania- oder Britanniabad für alle anderen Metalle.

Daß bei hohlen Objekten den Hohlungen und Innenräumen ganz besondere Aufmerksamkeit bei der vorhergehenden Dekapierung zu widmen ist, ist selbstverständlich und bedarf keiner weiteren Erklärung; jede Vernachlässigung in dieser Richtung würde sich durch schlechte Resultate rächen. Sollen Hohlräume keinen Niederschlag erhalten, so wird man sie, wenn möglich, verschließen oder mit Asphaltlack decken, damit das Bad nicht eindringen kann; sollen sie aber auch vernickelt werden, so muß man dies wohl mit einiger Überlegung ausführen, speziell der schon wiederholt erwähnten Stromlinienstreuung Rechnung tragen.

Man wird z. B. bei Vernicklung eines Topfes, den man in der Seite 325 Figur 127 gezeichneten Weise unrichtig einhängt, sich nicht wundern dürfen, wenn der Innenraum des Topfes größtenteils unvernickelt bleibt; die Ursache ist auf Seite 324 erklärt.

Daß beim Einhängen hohler Gegenstände darauf gesehen werden muß, daß das Bad alle Luft aus den Hohlungen und Vertiefungen und Innenräumen verdränge, versteht sich wohl von selbst, denn solche mit Luft gefüllten Räume würden unvernickelt bleiben.

Ebenso selbstverständlich ist es, daß Metallobjekte, die vor dem Vernickeln verkupfert oder vermessingt werden, auch in den Hohlräumen ebenso vollkommen mit dem vermittelnden Niederschlag gedeckt sein müssen wie die übrigen Flächen.

Kleine Gegenstände (kleine Bijouterieartikel, Ketten, Regenschirmglocken, Stockzwingen, Scheiben, Pfeifenbeschläge u. ä.) können in gut leitenden Nickelbädern »bündelweise« vernickelt werden, wenn man sie nach vorhergehender feiner Bearbeitung auf Glanz zwecks Erhaltung des feinen Schliffes in ruhenden Bädern galvanisieren muß; mnn wird solche dann auf dünnen Kupfer- oder Messingdraht entweder einzeln aufbinden oder mehrere zusammen auf einem Draht aufreihen, jedoch so, daß die einzelnen Objekte recht locker nebeneinanderhängen, ohne sich zu decken, damit überall der Nickelniederschlag ungehindert stattfinden könne. Flache Scheiben z. B. oder gleichartige mit einer und derselben Stanze gepreßte Artikel,

die sich ineinanderschieben oder einer an den anderen anliegend sich decken würden, muß man durch geschicktes Aufbinden voneinander getrennt halten oder, wenn sie aufgereiht werden können, zwischen je zwei Objekte eine große Glasperle einschalten, um auf diese Art Zwischenräume zu bilden. Selbstredend müssen solche bündelweise zu vernickelnde Gegenstände so in das Bad eingehängt werden, daß (wie bei großen voluminösen Objekten) nur je eine Warenreihe zwischen zwei Anodenflächen zu hängen kommt. Kleine

Massenartikel, welche nicht auf Draht aufgebunden werden können, wie Schrauben, Ösen u. ä. vernickelt man, wenn nur vorübergehend solche Pöstchen Ware zu vernickeln sind und sich die Anschaffung besonderer Trommel- oder Schaukelapparate nicht rentieren würde, in einem korbartig geformten, möglichst großmaschigen Drahtgewebe aus recht dünnem Draht oder in Vorrichtungen aus Celluloid mit metallisiertem Boden. Diese nennt man dann Elektroplattierkörbe.

Die Lage der darin befindlichen Artikel wird durch fleißiges Schütteln möglichst oft geändert; man hat darauf zu achten, daß das Körbchen immer rein, blank und fettfrei bleibe, damit es den elektrischen Kontakt zwischen der Warenstange und den zu vernickelnden Objekten gut vermittle. Wenn das Bad den Strom nur einigermaßen gut leitet, so vernickeln sich solch kleine Objekte im Elektroplattierkorb ganz gut.

In größeren Betrieben wird das Vernickeln von Massenartikeln, wenn es sich um große Quantitäten handelt, in rotierenden Elektroplattiertrommeln ausgeführt, die Seite 333 ff. beschrieben wurden.

Die Nickelbäder, die man für solche Zwecke verwendet, müssen stets von besonders gutem Leitvermögen sein und sich durch einen hohen Metallgehalt auszeichnen, und es gehört zu den schwierigsten Aufgaben des Galvanotechnikers, für solche Zwecke die bestgeeigneten Verhältnisse zu bestimmen, um wirklich gute Resultate zu erhalten.

Die Bauart der verwendeten Apparate ist ebenfalls von ausschlaggebender Bedeutung, da vom inneren Widerstand solcher Apparate der erforderliche Stromdurchgang und die

ungestörte Nickelausscheidung abhängt. Universalapparate, die für alle Arten von Gegenständen geeignet wären, gibt es nicht, es muß innerhalb gewisser Grenzen stets eine gewisse Konstruktionsänderung eintreten, und es wird immer Sache der galvanotechnischen Spezialfabriken bleiben zu entscheiden, wie die Massen-Galvanisierapparate für den einen oder anderen Artikel am besten auszubilden sind.

Ähnlich wie bei voluminösen Körpern wird man beim Vernickeln dieser kleinen Massenartikel im Elektroplattierkorb oder in der -Trommel die Anoden entsprechend weit weghängen und die Badspannung verhältnismäßig erhöhen.

Die fertig vernickelten und getrockneten kleinen Objekte, welche man natürlich nicht einzeln putzen kann, werden gewöhnlich in einem langen, starken Leinensack oder in einem Scheuerfaß mit Sägespänen und Wienerkalkpulver eventuell mit Lederabfällen und einem Poliermittel in Massen blank gescheuert.

Behandlung der Gegenstände nach dem Vernickeln. Aus den vorhergegangenen Erklärungen ist uns schon bekannt, daß die elektroplattierten Objekte nach dem sorgfältigen Abspülen in reinem Wasser am besten noch einige Augenblicke in kochend reines heißes Wasser gehalten werden, damit sie nachher in Sägespänen rascher trocknen. Auch die Zweckmäßigkeit des Nachtrocknens der Metallgegenstände im Trockenofen behufs vollständiger Austreibung aller Innenfeuchtigkeit wurde bereits besprochen und gilt dies selbstverständlich auch für die vernickelte Ware.

Glanzvernickelte Gegenstände wird man zum Schluß nochmals nachglänzen, wenn sie genügend solid vernickelt sind, um dies zu vertragen; jedenfalls erhöht es die Brillanz der Vernicklung.

Roh vernickelte Waren ohne Glanz kann man zur Erhöhung der Brillanz vor dem Trocknen mit einer Stahldrahtzirkularbürste (nicht allzu scharf, Drahtstärke etwa 0,15 oder 0,2 mm) mit Seifenwasser überkratzen, nach dem Trocknen mit einer Zirkularborstenbürste mit Schlämmkreide oder Wienerkalkpulver putzen. Die Verwendung von Messing-

bürsten ist zu vermeiden, weil Messing auf dem harten Nickel abfärbt und einen gelben Schein verursacht.

Viele Praktiker, besonders Vernickler von Eisen- und Stahlwaren pflegen die fertig vernickelten Waren noch mit Terpentingeist zu überstreichen und behaupten, daß dieser Spuren von Harz zurückläßt als Schutz gegen die Einflüsse der atmosphärischen Luft, so daß sie dann gegen Rost noch widerstandsfähiger werden.

Spezielle Vorschriften beim Vernickeln von Fahrradbestandteilen u. ä. Die große Anwendung des Vernickelns in der Fahrradindustrie veranlaßt den Verfasser, die in dieser Richtung gemachten Erfahrungen zur Verfügung zu stellen in der guten Absicht, den betreffenden Industriellen damit dienlich zu sein.

Fahrräder, überhaupt Stahl- und Eisenfabrikate werden sowohl des schöneren Aussehens wegen vernickelt, als auch und insbesonders deswegen, um das Rosten der Objekte möglichst lange hinauszuschieben. Ersteres ist nur mit einer guten Poliereinrichtung zu erreichen, woran es ja in größeren Fabriken bei dem Vorhandensein genügender Motorkraft nicht fehlt, und tatsächlich wird in dieser Richtung ganz Vorzügliches geleistet. Für diejenigen Industriellen, welche im Glanzpolieren noch keine oder nur mangelhafte Erfahrungen haben, dürften die eingehenden Erklärungen des Polierens der Metallwaren genügen, um sich über diese Arbeiten vollständig zu unterrichten. Siehe Seite 284 ff.

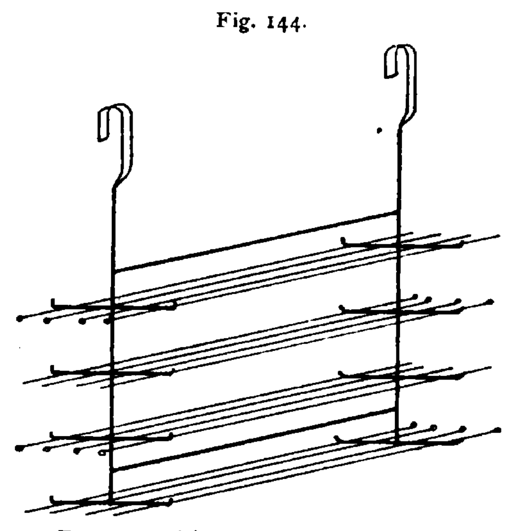
In der Hauptsache erwartet der gewissenhafte Eisen- und Stahlwarenfabrikant von der Vernicklung, daß seine Erzeugnisse dadurch gegen Rost möglichst geschützt werden. Diesbezüglich hört man noch viel klagen und besonders in der Fahrradindustrie am meisten, weil tatsächlich die Vernicklung meist nicht den erhofften Erwartungen entspricht. Die Ursache liegt aber fast nur in der unrichtigen Ausführung, der in den meisten Fällen nicht jene Aufmerksamkeit zugewendet wird, die notwendig wäre, um eine dauerhafte und starke Vernicklung zu erzeugen.

Verwiesen sei diesbezüglich nochmals auf die Belehrungen Seite 450, wo erklärt wurde, was unter »Starkvernicklung«

verstanden wird; Seite 451 wurde ferner besprochen, wie Eisen- und Stahlobjekte gegen Rost wirksam zu schützen sind; Seite 449, »Solide, widerstandsfähige, festhaftende Glanzvernicklung« und Seite 462 »Behandlung der Gegenstände nach dem Vernickeln«.

Das leider allgemein übliche Hochglanzpolieren vor dem Vernickeln ist nicht der richtige Vorgang, um die erwünschte haltbare Vernicklung zu erzeugen; Verfasser wiederholt auch hier wieder, daß eine festhaftend starke Vernicklung auf einer spiegelglänzenden Metallfläche nicht erreichbar ist, daß die

Fig. 144.



Einhängvorrichtung für Fahrradspeichen.

Gegenstände vor dem Vernickeln nur fein ausgeschliffen werden sollen, um sie rücksichtslos und gründlich so dekapieren zu können, wie es jeder elektrolytische Niederschlag bedingt, wenn er in stärkerer Schicht fest haften soll. Der Hochglanz ist ja nach der Vernicklung leicht herzustellen.

Über die Manipulation des Vernickelns selbst ist nach den vorausgeschickten Anleitungen nichts mehr zuzufügen.

Zum Vermessingen vor dem Vernickeln eignet sich das L.-P.-W.-Messingbad ganz vorzüglich, und über die Manipulation ist in dem Kapitel »Vermessingen« alles Wissenswerte zu finden.

Für sehr starke Vernicklung der Fahrradbestandteile wird bereits vorwiegend das Mars-Bad verwendet, z. B. in England wird in der Fahrradindustrie bereits fast ausschließlich nur mit dem Mars-Bade gearbeitet.

Bezüglich der Größe der Bäder und Anordnung der Anoden und Waren in denselben sei bemerkt, daß erstere nicht zu kleinlich dimensioniert sein soll, weil die Fahrradbestandteile viel Platz einnehmen und stets eine Warenreihe zwischen zwei Anodenreihen anzuordnen ist. Die Kontaktstellen der Einhängdrähte an den Warenobjekten sind während des Vernickelns öfters zu wechseln, damit keine ungleich oder unvernickelten Partien bleiben.

Zum Einhängen der Fahrradspeichen empfiehlt sich eine Vorrichtung in der Form, wie in Figur 144 dargestellt, mit welcher diese dünnen Drahtstangen in einer bestimmten Anzahl in das Bad eingehängt und durch zeitweises Schütteln deren Lage behufs Wechseln des Kontaktes und allseitig gleichmäßiger Vernicklung öfters geändert wird.

Speziell zum Vernickeln von Fahrradspeichen und ähnlichen glatten Stäben dient die von den Langbein-Pfanhauser-Werken konstruierte Trommel-Vernicklungseinrichtung, die auf Seite 336 abgebildet ist. Der Apparat kann auf Wunsch für beliebig große Produktionen an zu vernickelnden Speichen eingerichtet werden und hat sich in der Praxis als der einzig brauchbare Apparat zum massenweisen Vernickeln solcher Speichen bewährt. Eine einzelne solche Trommel faßt 5 bis $7^1/_2$ kg Speichen, die etwa eine Stunde in der Trommel verbleiben. Als Strom wird hierbei ca. 35 Ampere bei 5 bis 6 Volt benötigt. Natürlich muß auch hier ein gut leitendes Bad benutzt werden und liefern die obengenannten Werke ein **„Spezial-Trommel-Nickelbad“** mit einem spez. Badwiderstand von 2,2 Ω. Zum Ansetzen eines solchen Bades werden

Wasser	**1 l**
Spezial-Trommel-Nickelsalz	**150 g**

verwendet.

Die verwendeten Trommeln sind aus perforierten Nichtleitern gebaut und besitzen ein eigenartiges Kontaktsystem. Zwecks Füllung und Entleerung besitzen diese Apparate

einen gut schließbaren Deckel, der über die ganze Trommelbreite reicht. Man achte darauf, diese Apparate nicht außer Bewegung zu bringen, ehe man nicht den Strom abgestellt hat, weil sich sonst infolge des kräftigen Stromes matte Stellen auf der Ware bilden würden, indem sich bei Stillstand der Trommel die Löcher der Wandung im Niederschlag kennzeichnen.

Für größere Produktionen baut obengenannte Firma auch sog. „Mehrtrommel-Apparate", wie diese in Figur 136 auf Seite 336 abgebildet erscheint. Meistens sind in einer gemeinsamen Wanne zwei oder drei rotierende Trommeln eingebaut, die einzeln ausrückbar sind und ebenfalls einzeln elektrisch abgeschaltet werden können. Es ist selbstverständlich, daß diese Apparate nicht nur für Speichen, sondern für alle möglichen anderen Massenartikel der Fahrradindustrie verwendbar sind, ebenso wie sie sich für jede Art Galvanisierung verwenden lassen.

Eine große Hauptsache, die das Resultat der Vernicklung, wenigstens soweit das äußere Ansehen in Betracht kommt, ganz kolossal beeinflußt, ist die feine Hochglanzpolierung der vernickelten Fahrradteile. Die Langbein-Pfanhauser-Werke Akt.-Ges. fabriziert für diese Hochglanzpolierung die »Hochglanzmasse P« in Blockform, eine eigenartige Mischung aus geeigneten Fettsorten und besonders feingesiebter Wienerkalksorte. Es sind zwar viele Surrogate auf den Markt gebracht worden, aber keine reicht an die besondere Wirkungsweise dieser heran. Die Hochglanzmasse P wird an die rotierenden Schwabbelscheiben aus Köper- oder Nesselstoff angehalten. Die Scheiben imprägnieren sich sofort mit der Masse und man kann die vernickelten Teile in kürzester Zeit mit dem denkbar brillantesten Hochglanz von der Scheibe bringen. Ein Hauptvorteil dieser Masse im Vergleich zu den minderen Nachahmungen ist der, daß die Gegenstände vollkommen fettfrei, d. h. ohne die sonst zu beobachtenden Schleifschmutzwulste von der Scheibe kommen, so daß jedes nachträgliche Putzen mit Wienerkalk und Leder wegfällt. Dabei ist der Hochglanz „tief" und strichfrei, die Masse selbst äußerst ökonomisch, so daß dieses Material als einzig in seiner Art unbedingt empfohlen werden kann.

Vernickeln von chirurgischen Instrumenten, Schneidewerkzeugen, Säbeln u. dgl. Verfasser widmet diesen Objekten eine spezielle Besprechung, weil das Vernickeln solcher Gegenstände mit scharfen Kanten, Schneiden und Spitzen insofern einige Schwierigkeit macht, als der Niederschlag an Spitzen, Schneiden und scharfen Kanten leicht grau, rauh, selbst pulverig matt ausfällt (überschlägt), während gleichzeitig die größeren Flächen dieser Artikel sich ganz tadellos übernickeln.

Die Ursache dieser Erscheinung liegt in der Stromlinienstreuung, wodurch an den scharfen Kanten, Schneiden und Spitzen eine höhere Stromdichte auftritt als an den glatten Flächen; die Stromlinien drängen sich an diesen Stellen zusammen (verdichten sich), eine ähnliche Erscheinung, wie wir sie bei magnetisierten spitzen Eisenstäben auch beobachten, welche man Eisenfeilspäne anziehen läßt; an den Spitzen sammeln sich die Späne zu strahlenförmigen Bündeln, infolge Verdichtung der magnetischen Kraftlinien, welche in gleicher Weise verlaufen wie die elektrischen Stromlinien.

Wir müssen für die Vernicklung derartiger Objekte ein Bad wählen, in welchem infolge seiner Zusammensetzung eine nur geringe Stromlinienstreuung auftritt und die Vernicklung auch bei längerer Einhängdauer nicht so leicht überschlägt. Als solches eignet sich am besten das zitronensaure Nickelbad aus Nickelsalz I oder IA mit Einhaltung der dort angegebenen Stromverhältnisse, bei deren Bestimmung auf die Vernicklung derartiger Gegenstände besonders Rücksicht genommen wurde.

Die Manipulation ist die gleiche wie beim Vernickeln der Fahrradbestandteile, nur empfiehlt es sich, solche Gegenstände mit Spitzen und Schneiden so in das Bad einzuhängen, daß die Spitzen und Schneiden von den Anoden abgewendet und nur die breiteren Flächen diesen zugekehrt sind, auf welchen das »Überschlagen« nicht so leicht eintritt.

Die Fabrikation chirurgischer Instrumente legt großen Wert darauf, auch die hölzernen Griffe ihrer Operationsinstrumente den antiseptischen Vorschriften entsprechend zu übernickeln; behufs dessen werden diese erst verkupfert. Die Art der Durchführung wird im Kapitel Galvanoplastik

unter „Metallisieren der Holzhefte chirirgischer Instrumente“ besprochen. Der Kupferniederschlag wird vor dem Vernickeln feingeschliffen, so wie jeder geschliffene Metallgegenstand dekapiert, schließlich vernickelt und hochglänzend poliert.

Vernickeln von Siphonköpfen. In manchen Gegenden, wo die Sodawasserindustrie floriert, spielt die Vernicklung der Siphonköpfe eine große Rolle. Diese bestehen meist aus einer Legierung von Zinn, Blei und Antimon oder nach den hygienischen Vorschriften aus reinem Zinn.

Im allgemeinen wurde das Vernickeln dieser Metalle schon unter „Vernickeln der Weichmetalle“ besprochen.

Vernickler, welche in diesem speziellen Fach der Vernicklung von Weichmetallen sehr geübt sind, werden die Siphonköpfe direkt vernickeln; weniger geübte werden der Sicherheit wegen vorziehen, erst zu verkupfern oder noch besser zu vermessingen, um Ausschuß möglichst zu vermeiden. Als bestgeeignetes Nickelbad hat sich erfahrungsgemäß die Badzusammensetzung V Seite 417 bewährt, Badspannung 2,8 V, Stromdichte 0,5 A.

Besonders wichtig ist das Glanzpolieren und die Dekapierung dieses Artikels, die nicht in der für andere Metalle bereits beschriebenen Weise ausgeführt werden können. Das Glanzpolieren der Weichmetalle erfordert überhaupt eine spezielle Übung, weil sie nicht so leicht Glanz annehmen wie die härteren Metalle; beim Dekapieren, speziell beim Entfetten läßt sich mit fettverseifenden Laugen nicht viel anfangen, weil diese die Weichmetalle angreifen (oxydieren), die nachherige Reinigung erschweren.

Das Glanzpolieren der Siphonköpfe wird am besten mittelst Borstenzirkularbürsten und feinem Polierschmirgel (mit Öl zu einem Brei angerührt) ausgeführt, und zwar in der Weise, daß man von Zeit zu Zeit auf den zu schleifenden Gegenstand etwas Schmirgelbrei aufträgt und mit der rotierenden Bürste verarbeitet, den Siphonkopf fleißig drehend und wendend, bis dessen Oberfläche allseitig gleichmäßig fein ausgeschliffen ist. Nach dem Feinschleifen wird, wenn das verwendete Schmirgelkorn nicht grob war, Striche oder Risse hinterließ (in welchem Fall mit noch feinerem Schmirgel

nachgeschliffen werden müßte), sofort auf Hochglanz poliert. Dies erzielt man mit Tuchschwabbeln und der fett- und kalkfreien Tripelmasse ATF. Kalk schwärzt sehr leicht alle Weichmetalle, eignet sich daher nicht gut zum Polieren derselben.

Die empfohlene Poliermasse wird an die rotierende Tuchscheibe angehalten, diese damit imprägniert, die Masse poliert trocken, ohne Staub und Schmutz zu verursachen.

Es sei bemerkt, daß die Siphonköpfe allgemein vor dem Elektroplattieren hochglänzend poliert werden. Nach dem Polieren wird entfettet, und zwar muß dies mit möglichster Schonung des feinpolierten Weichmetalles geschehen, um den Hochglanz nicht zu alterieren und ein Anlaufen (Oxydieren) dieses empfindlichen Metalles zu vermeiden; alle drastischen Entfettungsmethoden mit kochenden Laugen u. ä. sind daher ausgeschlossen, man ist lediglich auf das fettlösende Benzin angewiesen. Selbstredend darf das Benzinbad nicht zu sparsam klein sein, um nicht mit diesem selbst wieder das bereits gelöste Fett auf den Gegenstand zu bringen; man wird zwei oder noch besser mehrere Benzinbäder verwenden, so daß die Objekte aus dem letzten ganz rein und fettfrei herauskommen.

Zur Unterstützung der vollkommenen Entfettung bedient man sich einer weichen Borstenbürste.

Nach dem Entfetten werden die Siphonköpfe in reinen, harz-, fett- und staubfreien Sägespänen getrocknet, nachher in reinem Wasser gut abgespült und sofort, noch naß, entweder in das Nickelbad gebracht, wenn direkt vernickelt werden soll, oder in das Kupfer- oder Messingbad, wenn sie vorher verkupfert oder vermessingt werden. Wie schon bemerkt, ist das Vermessingen vorzuziehen.

Die Einhängdauer beim Verkupfern oder Vermessingen sei etwa zehn Minuten; bei richtigen Stromverhältnissen wird der Niederschlag im L.-P.-W.-Messingbad glänzend bleiben; sollte dieser durch unrichtige Manipulation matt geworden sein, so müßte mit einer feinen Messingkratzbürste (Drahtstärke etwa 0,15 mm) überkratzt (brillantiert) werden, wobei der Hochglanz nicht viel zu leiden braucht, wenn die Kratzbürste nicht zu kurzborstig ist.

Selbstredend werden die Objekte nach dem Verkupfern oder Vermessingen wieder sorgfältig in reinem Wasser abgespült, um alle Spuren des cyankalischen Bades zu entfernen, und schließlich werden sie vernickelt.

Das Nickelbad V eignet sich für diesen Zweck sehr gut. Die Siphonköpfe werden mit etwa 3 mm starkem Kupfer- oder Messingdraht eingehängt, und zwar nur eine Warenreihe zwischen zwei Reihen Anoden; die Einhängedrähte werden S-förmig gebogen, die Siphonköpfe mit den herabgebogenen Auslaufröhrchen auf den einen Hakenarm gesteckt, vertikal in das Bad eingehängt. Bei größeren Betrieben und entsprechend tiefen Bädern können mit einer entsprechenden Einhängvorrichtung auch mehrere Siphonköpfe übereinandergereiht eingehängt werden.

Als Anoden sind weichgegossene Nickelanoden zu verwenden, die Anodenfläche halb so groß als die der Waren. In Anbetracht der vorspringenden Teile dieses Artikels empfiehlt sich eine Elektrodenentfernung von 20 cm und dementsprechend eine Badspannung von 3,3 V (Stromdichte 0,5 A).

Bei solcher Stromstärke genügt eine Vernicklungsdauer von etwa 30 Minuten, um einen widerstandsfähigen Niederschlag zu erzielen.

Die fertig vernickelten Siphonköpfe werden, behufs Erreichung eines brillanten Spiegelhochglanzes mit Baumwollschwabbeln aus Nesseltuch und Hochglanzmasse nachpoliert und schließlich noch von Hand mit weichstem Rehleder und trockenem Wienerkalkpulver geputzt.

Das Vernickeln der Zinkbleche hat sich zu einer sehr bedeutenden Industrie entwickelt; der Bedarf an vernickeltem Zinkblech ist sehr groß. Billige, insbesondere gedrückte Metallwaren werden zumeist aus vernickeltem Zinkblech verfertigt.

Um diese Industrie mit materiellem Vorteil zu betreiben und um mit den bestehenden großen Anlagen für solche Zwecke konkurrieren zu können, ist es erforderlich, daß das Unternehmen von Anfang an in größerem Maßstab rationell eingerichtet und betrieben werde; ein kleiner oder gar nur zeitweiser Betrieb wird sich bei dem billigen Preis der vernickelten Zinkbleche nicht verlohnen.

Meist werden die zum Vernickeln bestimmten Zinkbleche in dem Format 500×500 mm angefertigt, in den selteneren Fällen in größeren Dimensionen. Die Zinkblechfabriken liefern für diese Industrie die Bleche schon recht fein vorbearbeitet, plan gewalzt und mit ziemlich glatter Oberfläche, so daß das nachherige Hochglanzpolieren ohne weitere Vorbearbeitung sofort ausgeführt werden kann.

Fast allgemein werden die Zinkbleche nur auf einer Seite vernickelt, es ist daher nachfolgende Beschreibung der Manipulation auf einseitige Vernicklung bezogen worden.

Das Polieren der Zinkbleche wird ausnahmslos vor dem Vernickeln ausgeführt und ist der wichtigste Faktor für die Rentabilität dieses Unternehmens, dem man somit die größte Aufmerksamkeit zuzuwenden hat.

Der Polierer muß flott und sicher arbeiten, denn gerade das Glanzpolieren ist der wesentlichste Kalkulationsfaktor hierbei; dabei werden aber die höchsten Anforderungen an die Vollkommenheit des Hochglanzes der Zinkbleche gestellt.

Der Vorgang beim Polieren ist an und für sich sehr einfach, erfordert aber viel Übung, um den begehrten strich- und wolkenfreien Spiegelhochglanz zu erzielen und die mitunter sehr dünnen Bleche nicht zu verziehen und plan zu halten.

Die Bleche werden auf gehobelte Holzbretter gelegt und der Polierer manipuliert in der Weise, daß er das Blech mit den Daumen der beiden Hände auf dem Brett festhält und mit den Knien an die rotierende Polierscheibe andrückt, das Brett mit dem Blech fleißig dreht, um dessen ganze Oberfläche gleichmäßig und strichfrei zu glänzen.

Die Polierscheibe wird gewöhnlich aus Tuch angefertigt, und zwar entweder aus quadratisch oder kreisrund geschnittenen Tuchblättern; im ersten Fall werden die quadratischen Blätter »sternförmig« übereinandergelegt, so daß eine zackig runde, etwa 15 bis 20 cm breite Scheibe mit 30 bis 60 cm Durchmesser entsteht; bei Verwendung kreisrund geschnittener Tuchblätter wird eine Anzahl derselben zusammengefügt, um eine Scheibe mit obiger Dimension zu formieren. Die auf die eine oder andere Art gebildete Polierscheibe wird auf der Welle der Poliermaschine zwischen zwei Flanschen fest-

geschraubt und vor der Verwendung genau zentriert, damit sie nicht schlägt.

Zum Polieren wird feinster sandfreier zu Mehl zerdrückter und gesiebter Wienerkalk mit Stearinöl verwendet; dieses, mit einem Pinselstrich auf das Blech überquer aufgetragen, eine entsprechende Menge Kalkmehl darübergestreut, wird von der rotierenden Polierscheibe aufgenommen und verarbeitet.

Die meist gebräuchliche Maschine ist die Blechpoliermaschine für Qualitätsbleche, wie solche Seite 305 abgebildet ist.

So das Polieren von Hand.

Die geglänzten Zinkbleche dürfen nicht lange liegen, sonst oxydieren sie an der Oberfläche und das darauf befindliche Polierfett verdickt, die vor dem Elektroplattieren erforderliche Dekapierung würde mühevoller, müßte in drastischer Weise ausgeführt werden, wodurch der Polierhochglanz der Bleche leiden würde; diese sind somit sofort aus der Hand des Polierers der Elektroplattierung bezw. der Dekapierung zuzuführen.

Zunächst werden sie nur entfettet; das Entfetten der glanzpolierten Zinkbleche ist eine sehr heikle und doch für das tadellose Gelingen des nachfolgenden Elektroplattierens überaus wichtige Sache; heikel ist es deswegen, weil sowohl der Polierhochglanz als auch das Zink selbst geschont werden müssen, es sind also Entfettungsmittel zu wählen, welche nicht kratzen oder Risse verursachen und auch das Zink nicht angreifen.

Vor allem ist darauf zu achten, daß der Polierer möglichst rein arbeite, auf den polierten Blechen möglichst wenig Fett zurücklasse, damit es nicht viel zu entfetten und zu dekapieren gibt.

Die Verwendung heißer Entfettungslaugen ist ausgeschlossen, weil diese auf Zink heftig reagieren, es angreifen, und dann ein energisches Dekapieren nötig machten. Wir sind also nur auf die kalte Entfettungsmethode angewiesen. Das beste Mittel wäre Benzin, das alle Fette in ausgiebiger Weise löst, ohne Zink im geringsten anzugreifen; aber die Feuergefährlichkeit einerseits, die Flüchtigkeit und der hohe Preis des ganz reinen Benzins andererseits (mindere Benzinqualitäten sind unbrauchbar) sind ein Hindernis, dieses zweifellos

vorzüglichste Entfettungsmittel in größeren Betrieben zu verwenden. Manche Praktiker verwenden Petroleum; das ist aber eher ein Verschmierungs- als ein Entfettungsmittel und hier entschieden unbrauchbar.

Recht zweckmäßig ist es, die frisch polierten Bleche trocken mit Kleie abzureiben; das entfettet zwar nicht genügend vollkommen, aber als Vorentfettung ist es sehr empfehlenswert. Viele Zinkblechvernickler pflegen die trockenen, polierten Bleche mit trockenen feinen Sägespänen abzureiben, das hat den gleichen Zweck der Vorentfettung, Kleie wäre aber vorzuziehen. Wenn die Bleche viel mit Polierfett behaftet sind, so empfiehlt es sich, sie erst in reines kochendes Wasser zu tauchen, worin das Fett schmilzt und gehoben wird, so daß schon ein großer Teil des Fettes entfernt wird.

Zur vollkommenen Entfettung unmittelbar vor dem Elektroplattieren wird meist frisch gelöschter sandfreier Kalkbrei verwendet, dem man als sanftes Scheuermittel noch feinst geschlämmte Kreide beimischt. Die Bleche werden mit diesem Brei bestrichen und sofort in reinem Wasser abgespült. Der Kalkbrei darf nicht lange auf die Bleche einwirken, weil er Zink angreift, sondern muß durch sorgfältiges Wegwaschen rasch wieder entfernt werden. Beim Entfetten ist auch die Rückseite der Bleche nicht zu übersehen, um die Bleche nicht mit Fett verunreinigt in die Bäder gelangen zu lassen.

Nach dem Entfetten und Abspülen besieht man die Bleche, ob sie gleichmäßig mit Wasser benetzt sind, ob nicht etwa Fettinseln sich zeigen, wo das Wasser abläuft; in diesem Fall müßte die Entfettung bis zur Vollkommenheit wiederholt werden.

Die entfetteten Bleche werden sofort noch naß in das Elektroplattierbad gebracht, und zwar, da wir »einseitige« Elektroplattierung voraussetzen, werden je zwei Bleche mit den Rückseiten aneinanderliegend mit einer geeigneten Klemme in das Bad gehängt.

Zinkblech kann zwar, wenn der Vernickler recht geübt ist, direkt vernickelt werden; aber es bilden sich sehr leicht die bekannten schwarzen Streifen am Nickelniederschlag, die ein nochmaliges Schleifen und wiederholtes Elektroplattieren,

dadurch eine Erhöhung der Herstellungskosten verursachen, auch haftet der direkt auf Zink aufgetragene Nickelniederschlag niemals einwandfrei.

Zweifellos sicherer vernickeln sich die Zinkbleche, wenn sie vorher verkupfert oder vermessingt werden. Die meisten Praktiker pflegen zu verkupfern, weil dies einfacher auszuführen, weniger Aufmerksamkeit erfordert, das heißt es läßt sich beim Verkupfern die Badspannung für kurze Zeit erhöhen ohne wesentlichen Nachteil für den Niederschlag; nicht so beim Vermessingen, da müssen die normalen Stromverhältnisse eingehalten werden, um den genügend kupferhaltigen Messingniederschlag zu erreichen, auf dem der nachfolgende Nickelniederschlag gut haftet. Die Vermessingung wird wegen der helleren Farbe als Unterniederschlag bevorzugt, die Vernicklung fällt darauf weißer aus.

Die Elektrodenentfernung beim Verkupfern, Vermessingen und Vernickeln der Zinkbleche beträgt 10 cm. Die Bleche dürfen nie ohne Strom in das Bad gehängt werden.

Als geeignete Kupfer- oder Messingbäder für diesen Zweck dienen die Vorschriften nach Seite 372 bezw. Seite 392 nach Roseleur.

Sowohl beim Verkupfern als auch beim Vermessingen bleiben die Bleche so lange im Bad, bis die ganze Fläche gleichmäßig überkupfert, respektive übermessingt ist (etwa 2—5 Minuten), dabei werden sie matt und dieses Matt ist für ein gutes Haften der späteren Vernicklung wichtig.

Die Anodenfläche sei möglichst groß, mindestens ebenso groß als die der eingehängten Bleche.

Nach dem Verkupfern oder Vermessingen werden die Bleche gut abgespült, auch deren Rückseiten, um keine Spur des Kupfer- oder Messingbades in das Nickelbad zu bringen, und dann werden sie ohne Verzug vernickelt. Zum Vernickeln eignet sich die Badzusammensetzung, die für Zinkvernicklung speziell genannt wurde, unter Anwendung einer Spannung von 5—6 V bei 1 A Stromdichte. Als Anoden verwende man nur gewalzte weiche Nickelanoden, deren Fläche keinesfalls kleiner als die der Bleche, eher größer. Die Vernicklungsdauer wird kaum über fünf Minuten ausgedehnt. Zeigen sich schwarze

Streifen im Niederschlag, so ist dies ein Anzeichen ungenügender Stromdichte, d. h. zu kleiner Badspannung; es ist die Badspannung zu erhöhen, die Anodenfläche zu vergrößern, falls sie nicht genügen sollte; bei zu schwacher Stromquelle, die keine genügende Spannung abgibt, sind die Anoden näher zu den Blechen zu hängen.

Die Zinkvernicklungsbäder werden infolge der angewendeten hohen Stromdichte bald alkalisch, müssen dann sofort, und zwar am besten mit Zitronensäure auf die ursprüngliche schwachsaure Reaktion gebracht werden.

Die fertig vernickelten Bleche werden nach sorgfältigem Abspülen mit trockenen, feinen Sägespänen abgerieben und getrocknet, schließlich nochmals mit trockenem, fein gesiebtem Wienerkalkmehl mittelst Baumwollschwabbel nachgeglänzt, um den etwas alterierten Hochglanz wieder herzustellen.

Die gleiche Methode wie für Zinkblech wird auch für Weißblech in Anwendung gebracht.

Schnell-Vernicklung. Unter dem Namen Schnellvernicklung sollen nur diejenigen Verfahren beschrieben werden, die durch ihre Arbeitsweise diese Bezeichnung verdienen. Leider wird seitens der Nichtfachleute unter Schnellvernicklung oft die minderwertige schwache Vernicklung verstanden, wie man sie aus Nickelbädern mit kleinem spez. Widerstand in kurzer Zeit erhält. Diese Art Vernicklung kann aber nur als eine oberflächliche Färbung von Metallgegenständen betrachtet werden und wird nur auf vorher plan geschliffenen Objekten anwendbar sein, die nach der Vernicklung nicht mehr poliert werden sollen bezw. dürfen. Die so hergestellte Nickelschicht ist nämlich so dünn, daß selbst beim vorsichtigsten Polieren das Anodenmetall wieder zum Vorschein kommen würde.

Diese unsolide schnelle Vernicklung soll hier weiter nicht betrachtet werden, sondern wir werden fortan unter Schnellvernicklung diejenige Art der Betriebsführung benennen, die es ermöglicht, die normale, in ein oder mehrstündiger Exposition aus normalen Nickelbädern erreichbare Metallauflage in kürzester Zeit auf den zu vernickelnden Waren niederzuschlagen. Man muß, um dies zu erreichen, alle der Nickel-

fällung günstigen Momente vereinigen und es müssen dann folgende Bedingungen gleichzeitig erfüllt werden:

1. Hoher Metallgehalt der Lösung.
2. Gesteigerte Badtemperatur.
3. Die Anwendung höherer Stromdichten.
4. Guter Austausch der Lösungsschichten in der Umgebung der Waren.
5. Gute Stromausbeute durch richtige Badzusammensetzung.
6. Gutes Streuungsvermögen des Bades, um eine gleichmäßig starke Metallauflage, auch bei profilierten Objekten bei hoher Stromdichte zu bekommen.

Die ersten drei Bedingungen können ohne weiteres geschaffen werden, dagegen erfordern die Punkte 4—6 spezielle Kenntnisse des Galvanotechnikers und Verfasser muß es sich versagen, an dieser Stelle nochmals die einschlägigen theoretischen Erörterungen zu detaillieren, beschränkt sich dagegen darauf, im nachstehenden die üblichen Bäder, mit denen die besten Resultate in der Praxis erzielt wurden, aufzuführen.

Vor allem ist es das Patent-Schnellvernicklungssalz Mars, das am meisten in der Praxis eingeführt ist und das sich speziell dadurch auszeichnet, daß die anzuwendende Temperatur nicht sehr hoch gehalten werden muß. Es besteht aus:

Wasser	1 l
Schnellvernicklungssalz Mars	250 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung	4,2 Volt
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung	1,2 „
Stromdichte	1,25 Amper

Badtemperatur: 30° C

Konzentration: 17° Bé bei 30° C

Spez. Badwiderstand: bei 20° C = 2,329 Ω; bei 25° C = 2,1 Ω; bei 30° C = 1,95 Ω

Anodenmaterial: gegossene Rein-Nickelanoden, möglichst große Oberfläche.

Bei der unter obengenannten Verhältnissen berechneten Stromausbeute von mehr als 95% vollzieht sich die Vernicklung in ungefähr ⅓ der Zeit, die sonst in gewöhnlichen Bädern aufgewendet werden muß, um eine solide Vernicklung zu erhalten. Man kann aber schon in 10 Minuten einen prachtvoll polierfähigen, dabei außerordentlich duktilen und ungemein festhaftenden dichten Niederschlag erhalten. Das Bad enthält neben anderen wichtigen Komponenten speziell äthylschwefelsaures Nickeloxyd und äthylschwefelsaure Magnesia und streut in ganz bedeutendem Maße, so zwar, daß selbst tiefe Objekte in diesem Bade schön gleichmäßig vernickelt werden können.

Die Reaktion dieses Bades soll wie die der anderen Nickelbäder schwach sauer gehalten werden und dient zum Ansäuern eine Lösung von

1 Teil Äthylschwefelsäure in
10 Teilen Wasser.

Das Bad erfordert besonders reine Nickelanoden, die leicht in Lösung gehen müssen, und es sind zur Schonung des Bades schlechte, zu hart gegossene Anoden mit harter Gußhaut zu vermeiden. Die Anoden müssen ein homogenes Gefüge aufweisen und stets annähernd ebensoviel Nickelmetall durch den anodischen Lösungsprozeß dem Bade wieder zuführen, als durch die Stromarbeit an den Waren ausgefällt wird. Da nun aber in diesem Bad dreimal so schnell vernickelt wird, d. h. in der gleichen Zeit dreimal so viel Nickel ausgeschieden wird wie in anderen Bädern, so ist es selbstverständlich, daß sich die Anoden dreimal so rasch aufbrauchen als in den gewöhnlichen Nickelbädern. Für die Technik jedoch bedeutet dies einen eminenten Vorteil, denn man erspart sich durch Aufstellung eines einzigen solchen Bades drei andere Bäder gleicher Größe und hat nur ⅓ des teuren Anodenmateriales jeweilig in den Bädern hängen, was wieder auf die Herstellungskosten der Vernicklung (geringere Verzinsung des investierten Kapitals an Anodenmaterial) von Einfluß ist.

Das Mars-Bad hat sich speziell in der Fahrrad- und Automobilindustrie rasch eingeführt, wo es besonders darauf

ankommt, einen festhaftenden und dichten, dabei duktilen Niederschlag zu erzeugen. Die Ersparnis an Raum durch Fortfall einer größeren Anzahl von Bädern ist endlich noch zugunsten dieses Bades zu erwähnen.

Ein noch rascher arbeitendes Bad ist das

Schnellvernicklungsbad WPS, bestehend aus:

Wasser	1 l
Vernicklungssalz WPS	250 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . . 5 **Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . 1,7 „
Stromdichte . . . . 4 **Amper**
Badtemperatur: 70° C
Konzentration: 16° Bé bei 70° C
Spez. Badwiderstand: 0,846 Ω
Anodenmaterial: gewalzte Rein-Nickelanoden.

Damit dürfte das Maximum der Leistungsfähigkeit eines Nickelbades erreicht sein, wiewohl man auch noch höhere Stromdichten erhalten könnte, doch liegt bei der Stromdichte von 4 Amp. pro qdm das praktische Maximum, bei welchem noch eine genügend gute Streuung des Nickelbades stattfindet. Man kann auch, wenn man sich mit kleinen Stromdichten zufrieden gibt, die Badtemperatur auf 50° C ohne weiteres erniedrigen, obschon die Entwicklung von Wasserdampf auch bei 70° C in keiner Weise störend wirkt. Der spezifische Badwiderstand steigt selbstredend mit dem Sinken der Temperatur und er beträgt bei 50° C z. B. 1,048 Ω. Bei 50° C kann man nicht gut mehr als 3 Amper Stromdichte anwenden, was aber für viele Zwecke sicherlich ausreichend sein dürfte.

Das Bad wird zweckmäßig durch eine besondere Rührvorrichtung bewegt, das Einblasen von Luft muß dagegen mit Vorsicht geschehen und man darf keinesfalls den Luftstrahl an die Waren leiten, da sonst der Niederschlag glänzend und gleichzeitig leicht spröde würde. Das Anwärmen des Bades geschieht in Betrieben, wo Dampf zur Verfügung steht, mittelst Dampfschlangen aus Hartblei, andernfalls durch

direkte Herdfeuerung, bei kleineren Bädern auch durch Gasfeuerung. Alle organischen Substanzen sind zu vermeiden, und es empfiehlt sich daher, nur Wannen mit Bleiauskleidung zu verwenden, denn Holz würde nur allzu leicht Harze und andere organische Substanzen abgeben und dem Nickelniederschlag, der sonst sehr duktil ausfällt, diese guten Eigenschaften nehmen.

Die Anoden werden zweckmäßigerweise in Pergamentpapier eingehüllt, um jeden Anodenschlamm (Metallkriställchen fallen auch von gewalzten Anoden bei forciertem Lösungsvorgang ab) aus der Lösung fernzuhalten. Wickelt man die Anoden nicht ein, dann werden solche Anodenschlämme mit im Niederschlag einwachsen und rauhe Niederschläge verursachen, die sich schwierig oder selbst gar nicht mehr auf Hochglanz polieren lassen.

Mit diesen beiden Bädern gelingt es, Nickelniederschläge in jeder beliebigen Dicke, selbst nach Gewicht abzuscheiden und Verfasser hat auf diese Weise Niederschläge von $^1/_2$ bis 1 mm Dicke auf Gebrauchsgegenständen herstellen können, die man nachträglich mit der Schmirgelscheibe vorschleifen und in bekannter Weise hochglanzpolieren konnte.

Mißlungene Vernicklung. Ist durch irgend einen Umstand die Vernicklung mißlungen: ist der Niederschlag infolge zu starken Stromes schwarz, rauh geworden (überschlagen) oder blättert er stellenweise ab, rollt auf usw., so ist in der Regel, namentlich bei stärkeren Niederschlägen, dies nicht leicht auszubessern; man könnte zwar versuchen, von diesen fehlerhaften Stellen den Nickelniederschlag zu entfernen und durch nochmaliges Übernickeln auszubessern, aber gewöhnlich bleibt diese Ausbesserung sichtbar. Es ist in solchen Fällen am besten, den ganzen Niederschlag vollständig zu entfernen und die Vernicklung von neuem zu beginnen.

Die Entfernung des Nickelniederschlages geschieht entweder durch das sogenannte »Absprengen« oder durch elektrolytisches Loslösen. Bei polierten Artikeln, bezw. dort, wo man wieder den geeigneten Vorschliff vor der Vernicklung erzielen muß, durch »Abschleifen«. Das »Absprengen« auf chemischem Wege geschieht durch Eintauchen in eine er-

wärmte Mischung von einem Teil Salpetersäure und zwei Teilen Schwefelsäure (die Langbein-Pfanhauser Werke liefern auch eine geeignete Entnicklungsbeize, die sehr glatt arbeitet!); in dieser warmen Säuremischung löst sich der Nickelniederschlag auf, doch muß man sehr vorsichtig zu Werke gehen, wenn man nicht Gefahr laufen will, auch den Gegenstand dadurch zu beschädigen.

Aber auch auf rein elektrolytischem Wege gelingt es, von vernickelt gewesenen Artikeln den Niederschlag wieder abzulösen, ohne daß das Grundmetell nennenswert angegriffen würde.

Die Langbein-Pfanhauser-Werke stellen zu solchem Zwecke einen speziell zusammengesetzten Elektrolyten her. Als Badgefäß dient eine ausgebleite Holzwanne, deren Bleiauskleidung mit dem negativen Pol einer Stromquelle verbunden wird, der zu entnickelnde Gegenstand wird auf starken Kupferdrähten als Anode in das Bad gehängt. Man arbeitet bei einer Badspannung von 3,5—5 Volt und bei Zimmertemperatur bei einem Strombedarf von ca. 2 Amp. pro qdm. Je höher die angewandte Badspannung ist, desto rascher vollzieht sich die Entnicklung. Man muß den zu behandelnden Gegenstand öfters aus dem Bade heben und den Fortgang des Prozesses kontrollieren, um zu vermeiden, daß nach erfolgter Ablösung des aufgetragenen Nickelniederschlages das Grundmetall angegriffen wird.

Selbstverständlich muß bei diesem elektrolytischen Prozeß wie bei dem chemischen Absprengen der Vernicklung eine gute Entfettung des Gegenstandes vorausgehen, damit die Säure bezw. der elektrische Strom auf alle Teile des betreffenden Gegenstandes ungehindert wirken kann.

Gewöhnlich wird eine mißlungene Vernicklung mit der Schmirgelscheibe vollständig abgeschliffen und der Gegenstand von neuem vernickelt.

Wiedervernicklung alter gebrauchter Gegenstände. Es kommt sehr häufig vor, daß alte Gebrauchsobjekte, die entweder vernickelt oder mit einem anderen Niederschlag versehen waren, neu vernickelt werden sollen. Vor allem muß man sich in solchem Falle überzeugen, ob der alte Metallgegenstand nicht etwa mit einem Lack überzogen ist, den

man am radikalsten entfernt, indem man das Objekt einige Minuten in kochende Ätznatronlauge hält und dann mit feinem Sand tüchtig abbürstet. Verträgt der Gegenstand die Kochhitze nicht, so ist der Lack entweder mit absolutem Alkohol oder mit Terpentingeist, ev. mit Benzol (abbürstend) zu entfernen, je nachdem es ein Spiritus- oder Terpentinlack war; meist kommen Spirituslacke für Metallwaren zur Anwendung. Die weitere Manipulation hängt nun davon ab, ob der Gegenstand glanzpoliert oder matt vernickelt werden soll; im ersten Falle wird man einfach den alten Niederschlag abschleifen, dann auf die bereits beschriebene Weise entweder glanzvernickeln oder stark vernickeln.

Ist die Oberfläche des betreffenden Gegenstandes noch nicht zu sehr verschrammt, so kann man eine haltbare Wiedervernicklung dadurch herbeiführen, daß man den Gegenstand erst einige Minuten im cyankalischen Kupferbade verkupfert und nach tüchtigem Spülen ins Nickelbad bringt.

Dunkle Vernicklung. Es kommt oft vor, daß eine Vernicklung mit dunklem Ton gewünscht wird; solche erzielt man leicht in einem recht nickelarmen ammoniakalisch oder alkalisch reagierenden Bad mit schwachem Strom und ganz kleinen, gewalzten Nickelanoden, z. B. in folgenden Lösungen:

I.	**Wasser**	1 l
	Nickelammonsulfat	10 g
	Salmiakgeist	50 g.

Eine andere Vorschrift lautet:

II.	**Wasser**	1 l
	Nickelammonsulfat	10 g
	Unterschwefligsaures Natron	50 g
	Salmiakgeist	50 g.

Roseleur empfiehlt folgendes Nickelbad für dunkle Vernicklung:

III.	**Wasser**	1 l
	Nickelsulfat	20 g
	Ammoniakalaun	15 g
	Pyrophosphorsaures Natron	150 g
	Cyankalium 100 %	7 g.

Gewalzte Nickelanoden, Anoden- und Warenfläche gleich groß. In diesem Bad bleibt die Vernicklung bei einer Badspannung von 3,5 Volt, Stromdichte 0,4 Amp. auch bei zweistündiger Vernicklungsdauer noch blank.

Schwarzvernicklung. Vielfach werden heute zu dekorativen Zwecken die schwarzen Nickelniederschläge in Anwendung gebracht, und muß man hier zweierlei Bäder unterscheiden, nämlich:

1. solche zur Glanzschwarzvernicklung (Nigrosin),
2. solche zur Mattschwarzvernicklung.

Die gebräuchlichen Bäder werden in ihrer Zusammensetzung geheimgehalten; z. B. wird als Bad zur Glanzschwarzvernicklung das sogenannte »Nigrosinbad« (siehe daselbst) vorzugsweise verwendet. Die Herstellung mattschwarzer Nickelniederschläge bedingt die Anwesenheit von bestimmten Fremdmetallen in der Lösung neben Nickel, und da alle diese Metalle mit dem Nickel zusammen an den Waren ausgefällt werden, müssen am besten in bestimmten Intervallen solche Zusätze wieder ins Bad gebracht werden. Die Technik hat sich zur Erzielung solch mattschwarzer Nickelniederschläge die an verdorbenen Nickelbädern beobachtete Tatsache zunutze gemacht, daß Fremdmetalle in Nickelbädern, vorwiegend Zink, in selbst kleinen Dosen einen matten und dunklen Niederschlag verursachen. Diese matten Niederschläge werden speziell in der Silberwarenindustrie verwertet zur Erzeugung des schönen pulverigen schwarzen Mattes, wie es z. B. allerdings auf weit kostspieligerem Wege durch Platinlösungen auf Silber erzielt wird. Wird dieser matte Niederschlag teilweise, und zwar durch Bürsten auf Kratzmaschinen von den Objekten entfernt, so daß das Schwarz nur in den Vertiefungen der schwarz galvanisierten Objekte verbleibt, so ähneln die fertigen Stücke den antiken Metallgegenständen, und man spricht dann von altsilber-, altmessing-, altkupfergefärbten Metallgegenständen.

Fast alle diese Schwarznickelbäder arbeiten bei normaler Zimmertemperatur und bei der, bei gewöhnlichen Nickelbädern vorgeschriebenen neutralen, bzw. ganz schwach sauren Reaktion. Als Anoden dienen zum Teil Nickelanoden, zum Teil

auch unlösliche Kohlenanoden, letztere speziell beim Nigrosinbad. Über das Nigrosinbad siehe auch das Kapitel »Oxydieren« weiter hinten.

Niederschläge von Nickellegierungen. Aus Gemischen komplexer Salze läßt sich auch jede beliebige Nickellegierung ausscheiden. So z. B. kann man Legierungen von Nickel mit Kupfer und Zinn, ebenso mit Kupfer und Zink in allen Farben von Kupferrot bis zum Goldton erzielen, je nach Wahl der Stromdichte und nach dem Mischungsverhältnis der Salze. Als geeignete Präparate dienen die Metallphosphate, die in pyrophosphorsaurem Natron gelöst werden.

Eine französische Vorschrift zum Verneusilbern lautet: Man löst Neusilber in Salpetersäure und setzt Cyankalium so lange zu, bis alles Metall als Cyanür gefällt ist. Man filtriert dann den Niederschlag ab, wäscht ihn und löst ihn in überschüssigem Cyankalium. Die Lösung ist eventuell noch mit Wasser zu verdünnen, und man erhält so ein fertiges Bad.

Verkobalten.

Das Kobaltmetall hat ganz ähnliche Eigenschaften wie das Nickel und wird auch die Verkobaltung in ganz gleicher Weise wie die Vernicklung ausgeführt. Wenn man Vernicklung und Verkobaltung nebeneinanderliegend vergleicht, wird man den Unterschied wahrnehmen, daß letztere einen etwas wärmeren Ton (Rosastich) zeigt, eine Nuance, die für manche Luxusgegenstände erwünscht sein dürfte. In der Buchdruckindustrie findet die Verkobaltung teilweise Anwendung dadurch, daß man Stereotypsätze in Blei entweder mit Kobalt allein oder mit einer Mischung von Kobalt und Nickel elektrolytisch überzieht, was einen besonders harten Niederschlag gibt, wodurch die Druckplatten aus Blei oder aus Bleilegierungen eine namhaft größere Anzahl von Abdrücken aushalten. Zu anderen Zwecken wird die Verkobaltung fast gar nicht verwendet.

Man greift aber zur Verkobaltung nur in ganz seltenen Fällen, z. B. wenn es gilt, wertvolle Kupferstichplatten beim Druck zu schützen. Man kann diese Platten natürlich ebenso-

gut verstählen, aber das eventuell mögliche spätere Rosten der verstählten Fläche würde erfahrungsgemäß auf die Feinheiten der Platte einwirken. Gegenüber einer Vernicklung, die ja schließlich denselben Zweck erfüllen würde, bietet der Kobaltüberzug den Vorteil, daß er in Schwefelsäure, wenn auch nur langsam, löslich ist.

Langbein hat, um sich von dieser Möglichkeit zu überzeugen, eine Kupferplatte in einem Bade, bestehend aus:

Wasser	1 l
schwefelsaurem Kobaltoxydul-Ammon	60 g
Borsäure, krist.	30 g

mit einer Stromdichte von 0,4 Amp. bei einer Badspannung von 2,5—2,75 Volt mit Kobalt einseitig überzogen. Die Platte hatte eine Größe von 50 qcm und erhielt eine Kobaltauflage von 3,5 g. Er legte diese Platte in verdünnte Schwefelsäure 1 : 12,5 und nach 14stündigem Liegen war der Kobaltüberzug teils gelöst, teils in Form von Metallflittern am Boden des hierzu verwendeten Gefäßes angesammelt. Die Kupferplatte, die vollkommen vom Niederschlag befreit war, hatte dabei 3 mg an Kupfer abgenommen, was einem Gewichtsverlust der Platte von 0,0063 % entsprach. Da aber die Bildseite keinerlei Korrosion zeigte, so ist mit Langbein wohl anzunehmen, daß das fehlende kleine Quantum Kupfer von der nicht verkobalteten Rückseite bzw. den Kanten der Platte stammen mußte. Der Versuch zeigt jedenfalls zur Genüge, daß sich solche Kobaltniederschläge für diesen Zweck eignen und daß sich das Ablösen derselben von Kupferstichplatten, ohne diese zu gefährden, bewirken läßt.

Legierungen von Kobalt und Nickel sind durch Versetzen der gewöhnlichen Nickelbäder mit Kobaltsalzen ohne weiteres erhältlich, doch erwärmt man die Lösung vorteilhaft und versetzt sie mit Chlorammon, um eine Oxydation (zumal falls Sulfatlösungen verwendet werden!) an der Anode tunlichst zu vermeiden, da der Gehalt an Kobaltoxydsalzen störend wirkt. Während beim Verkobalten tunlichst Reinkobaltanoden (sehr schwierig zu bekommen!) verwendet werden, kommen bei

der Abscheidung solcher Kobalt-Nickel-Legierungen entweder gemischte Anoden oder fertige Legierungen, die man leicht erhalten kann, zur Anwendung. Die Legierungen von Kobalt und Nickel haben aber nur für ganz bestimmte Zwecke Interesse, z. B. wenn man auf galvanoplastischem Zwecke zu Gravierzwecken oder Prägezwecken harte Originale bzw. Matrizen herzustellen hat.

Chromniederschläge.*)

Es wurde schon vielfach versucht, Chrom elektrolytisch als galvanischen Überzug aus wässeriger Lösung niederzuschlagen, da dieses durch seine Passivität außerordentlich widerstandsfähig gegen chemische Einflüsse und außerdem sehr hart ist, doch führten die Versuche zu keinem ins Praktische übersetzbaren Verfahren. Es wurden verschiedene Chromsalzlösungen dazu verwendet und es wurde mit oder ohne Diaphragma bei selbst hoher Stromdichte gearbeitet, doch ließen sich Chromniederschläge nur mit großen Schwierigkeiten herstellen. Auch wurde schon vorgeschlagen, zu solchen Zwecken Bäder zu verwenden, die Chromsäure und Chromoxyd nebeneinander enthielten, aber ohne nennenswerten Erfolg.

Franz Salzer gelang es schließlich, ein Bad zu finden, das leicht Chrom niederschlagen ließ, und er erhielt gleichzeitig gut haftende Niederschläge von schöner Farbe, die sich beliebig dick machen ließen.

Das von Salzer verwendete Bad besteht aus einer gemischten Lösung von Chromsäure und Chromoxyd, so zwar, daß die Säure wesentlich abgestumpft erscheint, doch muß genügend davon vorhanden sein, um dem Bade die genügende Leitfähigkeit zu geben. Das in der Lösung enthaltene Produkt könnte als chromsaures Chromoxyd [$Cr_2O_3(CrO_3)_3$] gedeutet werden, doch ist es vorteilhaft, wenn mehr Chromoxyd vorhanden ist, als vorstehender Formel entspricht. Nach der angegebenen Formel ist das Gewichtsverhältnis von Chromsäure zu Chromoxyd, auf das Salzer besonders Wert legt,

*) Vgl. D.R.P. Nr. 221472.

ungefähr 2 : 1. Je mehr sich die Gewichte der beiden Bestandteile einander nähern (allerdings innerhalb gewisser Grenzen), um so günstiger arbeitet das Bad. Dieses günstige Verhältnis muß während des Betriebes erhalten werden.

Gearbeitet wird bei 18—20° Cels. bei einer Stromdichte von 2—5 Amp. pro Quadratdezimeter, entsprechend einer Badspannung von 3—6 Volt. Der Niederschlag läßt sich auf die meisten Metalle auftragen.

Wird eine Lösung verwendet, in der ein Verhältnis von Chromsäure zu Chromoxyd wie 2 : 1 herrscht, so wird trotz Anwendung hoher Stromdichten nur verhältnismäßig wenig Chrom ausgeschieden, da die Stromausbeute gering ist. Wenn aber das Verhältnis 4 : 3 ist oder der Gehalt an Chromoxyd noch größer wird, so arbeitet das Bad in gleichem Verhältnis günstiger.

Die Herstellung des Bades geschieht vorteilhafterweise durch teilweise Reduktion einer Chromsäurelösung auf elektrolytischem Wege oder auf rein chemischem Wege, schließlich auch durch teilweises Sättigen der Chromsäure mit Chromhydroxyd oder durch teilweise Oxydation von einfachen Chromoxydsalzen zu Chromsäure. Zur Erhöhung der Leitfähigkeit kann man das Bad mit Säure versetzen, jedoch nur so viel, daß deren Kationen an Zahl nur einen geringen Bruchteil der Chromionen ausmachen.

Versilbern.

Die elektrolytische Versilberung ist nebst der Kupfergalvanoplastik eine der ältesten Elektroplattierungen, insbesondere zur Erzeugung der sogenannten Chinasilberwaren schon seit 1840 in Anwendung.

Für Waren aus unedlen Metallen, welche als Tischgeräte dienen und mit Speisen in Berührung kommen, wird die Versilberung allen anderen Elektroplattierungen vorgezogen; die Erzeugung der versilberten Eßbestecke, Speisenschüsseln, Serviertassen, Tee- und Kaffeeservice sowie der dazu gehörigen Tafelaufsätze und Beleuchtungskörper usw. ist daher eine große Industrie.

Messing, Bronze, Kupfer, Neusilber und alle kupferhaltigen Metallegierungen lassen sich direkt versilbern; Eisen, Stahl, Nickel müssen vor dem Versilbern verkupfert oder vermessingt werden, weil auf diesen Metallen der direkte Silberniederschlag nicht gut haftet. Zink, Zinn, Blei und insbesondere Britannia werden von geübten Versilberern direkt versilbert, es erfordert dies aber spezielle Übung; weniger Geübten ist zu empfehlen, diese Weichmetalle vorher zu verkupfern oder zu vermessingen, dies erleichtert deren Versilberung und sichert den Erfolg.

Je nach der Stärke des Silberniederschlages unterscheiden wir eine Starkversilberung, eine gewönliche solide Versilberung, eine Kontaktversilberung und eine Eintauch- oder Sudversilberung. Die

Starkversilberung findet Anwendung für Tafel- und Hausgeräte, die mit Speisen in direkte Berührung kommen, wie Eßbestecke, Speisentassen, Serviertassen, Tee- und Kaffeeservice u. ä., unter dem Namen Chinasilber- oder Christoffleware bekannt. Diese werden aus Messing oder Neusilber (Argentan, Pakfong, Alpaka) verfertigt und müssen besonders stark versilbert werden, weil die Versilberung jahrelang halten muß, ohne daß das Grundmetall zum Vorschein kommen darf.

Diese Art der besonders starken Versilberung wird auch »Versilberung nach Gewicht« genannt, weil eine je nach der Qualität und dem Preis des Artikels vorher bestimmte Gewichtsmenge Silber auf jedes Objekt niedergeschlagen wird.

Für diese »Gewichtsversilberung« (wie wir sie kurz benennen wollen) verwendet man Silberbäder mit hohem Silbergehalt von meist 25 g Feinsilber im Liter, und zwar werden diese entweder mit »Chlorsilber« oder mit »Cyansilber« bereitet.

Silberbäder. Unter den Versilberern gibt es zwei Parteien; die eine Partei bevorzugt das mit »Cyansilber«, die andere das mit »Chlorsilber« bereitete Bad. Erstere behaupten, das mit Cyansilber bereitete Silberbad sei eine von allen fremden Salzen freie reine Cyansilberlösung, daher der Veränderung weniger unterworfen und haltbarer als eine mit Chlorsilber bereitete Lösung, in welcher als Nebenprodukt Chlorkali enthalten ist, welches auch jedesmal entsteht, wenn bei Silberverarmung immer wieder Chlorsilber zugesetzt wird, infolgedessen muß

sie mit der Zeit mit Chlorkali übersättigt werden. Die Verehrer des mit Chlorsilber bereiteten Bades führen dagegen an, die Versilberung falle in diesem weißer aus und ihre Bäder funktionieren auch viele Jahre ohne fühlbare Störung.

Vom chemischen Standpunkt müßte man ersteren beistimmen, und ist nicht erklärlich, warum ein mit Chlorsilber bereitetes Bad eine weißere Versilberung geben soll.

Bei Vergleich der vom Verfasser für beide Bäder bestimmten elektrolytischen Daten ergibt sich bei gleicher Stromdichte die gleiche Stromausbeute, somit auch gleiche Leistungsfähigkeit; dagegen ist der spezifische Badwiderstand des mit Cyansilber bereiteten Bades (= 2,88 Ω) größer als jener des Chlorsilberbades (= 1,65 Ω) infolge des als Leitsalz fungierenden Chlorkaligehaltes; jenes erfordert daher eine dem größeren Widerstand entsprechend höhere Badspannung (= 1,3 V), dieses nur 0,9 V (bei 15 cm Elektrodenentfernung).

In Anbetracht des geringeren Wattverbrauches für ein neu anzuschaffendes Silberbad zieht Verfasser das mit Chlorsilber bereitete vor, aber in Erwägung der nicht zu leugnenden Tatsache, daß eine Lösung, wenn sie bei der in der Praxis unvermeidlich eintretenden Silberverarmung durch Jahre immer wieder mit Chlorsilber versetzt wird, endlich mit Chlorkali übersättigt werden und dies die Funktion des Bades beeinträchtigen muß, wird von ihm vorgeschlagen, zum Nachsetzen nur Cyansilber bzw. Cyansilberkalium zu verwenden.

Das einfachste Bad zur Herstellung starker Silberniederschläge ist das L.-P.-W.-Silberbad, das durch Auflösen geeigneter Mengen des fertig präparierten Silberdoppelsalzes L.-P.-W. in reinem Wasser zu bereiten ist. Das Herstellen von Chlorsilber oder Cyansilber fällt hierbei ganz fort, und außerdem ergeben diese Doppelsalze stets wasserklare Lösungen, was beim Bereiten der Silberbäder aus Chlorsilber oder Cyansilber, auch wenn man diese Produkte fertig bezieht, niemals vollständig gelingt. Das käufliche Cyankalium enthält stets geringe Beimengungen von Schwefelverbindungen, die beim Bereiten der Silberbäder die Ursache von schwarzgefärbten Lösungen sind, die sich erst beim längeren Stehenlassen klären.

Das L.-P.-W.-Silberdoppelsalz wird von den Langbein-Pfanhauser-Werken mit einem garantierten Feinsilbergehalt von 30% in den Handel gebracht, und man hat es jederzeit in der Hand, seinen Bädern den erwünschten Silbergehalt dadurch zu erteilen, daß man ein entsprechendes Quantum dieses Doppelsalzes löst.

Um z. B. ein Silberbad zur schweren Versilberung herzustellen, das pro Liter 25 g Feinsilber geklärt enthält, braucht man nur ca. 85 g Silberdoppelsalz auf 1 l Wasser zu lösen und erhält sofort das gebrauchsfertige Bad. Gleichzeitig hat dieses Bad den kleinsten Widerstand und arbeitet demzufolge ungemein rationell. Das bestleitende

Silberbad für Starkversilberung L.-P.-W. setzt man folgendermaßen an:

Wasser	1 l
Silberdoppelsalz L.-P.-W.	85 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . 0,8 Volt
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . 0,21 „
Stromdichte . . . . 0,3 Amper
Badtemperatur: 15 bis 20° C
Konzentration: ca. 6° Bé
Spez. Badwiderstand: 1,38 Ω
Stromausbeute: 99%.

Ein nennenswerter Unterschied in der Arbeitsweise gegenüber den beiden nachfolgenden Silberbädern aus Chlorsilber oder Cyansilber ist nicht zu verzeichnen, sofern man sich zur Herstellung der beiden letzteren Bäder der im Handel befindlichen reinen Silberpräparate bedient. Leider wird zu oft in den Versilberungsanstalten das Chlorsilber und Cyansilber selbst hergestellt und nur zu oft geschieht es, daß die beiden Produkte in nicht genügend ausgewaschenem Zustande zum Ansetzen der Bäder verwendet werden. Dadurch kommt es aber, daß fast immer salpetersaure Salze (aus dem zur Fällung von Chlorsilber oder Cyansilber verwendeten salpetersauren Silber stammend!) ins Bad gelangen, wodurch die Silberniederschläge streifig oder körnig werden.

Das Silberbad für „Starkversilberung“ (Chlorsilberbad) besteht aus:

Wasser	1 l
Feinsilber als Chlorsilber*)	25 g
Cyankalium 100 %	42 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . 0,9 **Volt****)
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . 0,25 „
Stromdichte . . . . 0,3 **Amper**
Badtemperatur: 15 bis 20° C
Konzentration: 6° Bé
Spez. Badwiderstand: 1,65 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,019
Stromausbeute: 99 %
Niederschlagstärke in 1 Stunde: 0,0114 mm.

Bereitung des Bades.

In einer entsprechend großen Porzellanabdampfschale übergießt man das Feinsilber mit der doppelten Gewichtsmenge chemisch reiner Salpetersäure, erwärmt langsam und vorsichtig, mit einem Glasstabe fleißig umrührend; das Silber löst sich alsbald unter Entwicklung reichlich brauner giftiger Dämpfe (vor deren Einatmung man sich hüten muß), und man erhält eine, je nach der Reinheit des Silbers mehr oder weniger grünlich gefärbte Lösung. Man läßt diese erkalten, bringt sie in ein geräumiges Glas- oder Porzellangefäß, verdünnt sie mit der fünffachen Menge destillierten Wassers und gießt unter fortwährendem Umrühren so lange Salzsäure zu, als sich ein weißer Niederschlag bildet. Man läßt diesen klar absetzen, versetzt die darüber stehende Flüssigkeit nochmals mit etwas Salzsäure; entsteht kein Niederschlag, auch keine milchige

*) Bez. 33 g Chlorsilber in trockener Form.

**) Obige Badspannung: 0,9 V gilt für gleiche Elektrodenflächen; wenn aber, wie es aus Sparsamkeit vorkommt, eine kleinere Anodenfläche (als die Warenfläche) eingehängt wird, so ist die Badspannung zu erhöhen, um die normale Stromdichte einzuhalten. Ist etwa die Anodenfläche nur $^1/_8$ so groß als jene der Ware, so ist die Badspannung auf 1,2 V zu erhöhen. Bei Verwendung kleiner Anodenflächen fällt die Versilberung leicht ungleich aus, es muß deshalb, um die Streuung im Bad zu begünstigen, die Elektrodenentfernung vergrößert und auch die Badspannung für je 5 cm Vergrößerung der Elektrodenentfernung um 0,25 V erhöht werden.

Trübung, so ist kein Silber mehr in der Lösung enthalten. Der so erhaltene weiße, käsige Niederschlag ist Chlorsilber. Man gießt die darüber befindliche wertlose klare Flüssigkeit fort, bringt das Chlorsilber in einem dunklen Raum auf einen an den vier Ecken aufgehängten reinen Leinwandlappen, läßt die Flüssigkeit vollends durchlaufen, gießt noch einigemal reines Wasser darauf, bis das ablaufende Wasser blaues Lackmuspapier nicht mehr rötet, bis also alle Säure entfernt ist.

Das so erhaltene reine, säurefreie Chlorsilber kommt in die vorher bereitete Cyankaliumlösung, worin es sich beim Umrühren bald vollständig auflösen wird.

Es sei bemerkt, daß das Chlorsilber nicht trocknen darf, sonst löst es sich in der Cyankaliumlösung sehr schwer auf. Will man Chlorsilber vorrätig halten, so ist es unter Wasser an einem dunkeln Ort aufzubewahren.

Das Roseleursche Bad für Starkversilberung hat folgende Zusammensetzung:

Wasser	1 l
Feinsilber als Cyansilber*)	25 g
Cyankalium 100%	27 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . 1,3 **Volt****)
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . 0,43 „
Stromdichte . . . . 0,3 **Amper**
Badtemperatur: 15 bis 20° C
Konzentration: $4^3/_4$° Bé
Spez. Badwiderstand: 2,88 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0267
Stromausbeute: 99%
Niederschlagstärke in 1 Stunde: 0,0114 mm.

*) Bzw. 31 g Cyansilber.

**) Obige Badspannung: 1,3 V gilt für gleiche Elektrodenflächen; wenn aber, wie es aus Sparsamkeit vorkommt, eine kleinere Anodenfläche als die Warenfläche eingehängt wird, so ist die Badspannung zu erhöhen, um die normale Stromdichte einzuhalten. Ist etwa die Anodenfläche nur $^1/_3$ so groß als jene der Ware, so ist die Badspannung auf 1,8 V zu erhöhen. Bei Verwendung kleiner Anodenflächen fällt die Versilberung leicht ungleich aus, es muß deshalb, um die Streuung im Bad zu begünstigen, die Elektrodenentfernung vergrößert und auch die Badspannung für je 5 cm Vergrößerung der Elektrodenentfernung um 0,43 V erhöht werden.

Bereitung des salpetersauren Silbers.

Das Feinsilber (aber wirkliches Feinsilber, nicht etwa Silbermünzen!) übergießt man in einer Porzellanschale mit der doppelten Gewichtsmenge chemisch reiner Salpetersäure, erwärmt langsam und vorsichtig, mit einem Glasstab fleißig umrührend; das Silber löst sich alsbald unter Entwicklung reichlich brauner giftiger Dämpfe (vor deren Einatmung man sich hüten muß!), und man erhält eine, je nach der Reinheit des Silbers mehr oder weniger grünlich gefärbte Lösung, welche man durch fortgesetztes Erwärmen bis zur vollständigen Trockenheit eindampft. Unter beständigem Umrühren bringt man die trockene Masse durch Erhöhung der Temperatur zum Schmelzen, nimmt die Schale vom Feuer weg und breitet das so erhaltene geschmolzene, salpetersaure Silber durch geschicktes Herumschwenken der Schale an den Wänden derselben aus, damit es erstarren und auskühlen kann. War das Feinsilber rein, so muß dieses so erhaltene salpetersaure Silber weiß aussehen; ist dessen Farbe schwarz, so war das Silber kupferhaltig, sieht es braun oder rot aus, so ist es eisenhaltig; in beiden Fällen muß man das salpetersaure Silber mit etwa zehn Teilen destilliertem Wasser wieder auflösen, filtrieren und unter Zusatz einer kleinen Menge chemisch reiner Salpetersäure nochmals zur Trockene eindampfen und schmelzen, dies so oft wiederholend, bis man ein ganz reinweißes salpetersaures Silber erhält, wie es zur Bereitung eines guten Silberbades sein muß.

Darstellung des Cyansilberbades. Früher pflegte man das Cyansilber aus der salpetersauren Silberlösung mit Blausäure zu fällen; dieses Produkt ist aber sehr schwierig in einer praktisch-brauchbaren Konzentration darzustellen, hält sich nicht lange und ist sehr teuer; dies und die eminente Gefährlichkeit dieses sehr heftigen Giftstoffes schließen die Blausäure von der Verwendung in unserer Industrie aus, und es wird den Praktikern erwünscht sein, in der nachfolgend angegebenen Vorschrift eine Methode zu erfahren, das Cyansilber auf eine weniger gefährliche und viel billigere Weise darzustellen.

Das aus 25 g Feinsilber bereitete salpetersaure Silber wird in $^1/_{10}$ l destilliertem Wasser gelöst und unter Umrühren eine

Lösung von 15 g reinem Cyankalium 100% in $^1/_4$ l destilliertem Wasser zugesetzt; es bildet sich ein weißer, käsiger Niederschlag, das ist das Cyansilber.

Die darüberstehende klare Flüssigkeit muß schwach alkalisch reagieren (rotes Lackmuspapier muß schwach blau werden); sollte dies nicht der Fall sein, so ist das ein Zeichen, daß das verwendete Cyankalium im Gehalt schon zurückgegangen war; man müßte noch weiter eine Lösung von Cyankalium unter beständigem Umrühren so lange zusetzen, bis die alkalische Reaktion eintritt. Nun fügt man chemischreine Salpetersäure hinzu, bis die Flüssigkeit sauer reagiert (blaues Lackmuspapier rötet); hierbei entwickelt sich etwas Blausäure, es ist daher diese Manipulation unter einem gut abziehenden Kamin oder im Freien vorzunehmen. Nach dem Zusetzen der Salpetersäure rührt man so lange um, bis die über dem Cyansilber stehende Flüssigkeit ganz wasserhell erscheint; diese ist wertlos, enthält bei richtiger Manipulation keine Spur von Silber, kann also ohne Bedenken weggegossen werden. Um ganz sicher zu sein, prüfe man diese Flüssigkeit in einem Reagensglas mit Salzsäure; wenn noch Silber in Lösung wäre, so würde sich eine milchige Trübung zeigen.

Auf das Cyansilber gießt man reines Wasser, rührt um, um ersteres auszuwaschen, läßt absetzen, gießt das Waschwasser wieder fort und wiederholt dies so oft, bis das über dem Cyansilber stehende Wasser keine Spur einer sauren Reaktion mehr zeigt. Dann ist das Cyansilber vollständig »säurefrei« ausgewaschen und kann zur Bereitung des Silberbades verwendet werden. Es ist ratsam, das Cyansilber nicht trocknen zu lassen, sonst löst es sich nachher in der Cyankaliumlösung schwer auf, sondern man bringt es noch naß in das mit Wasser vollgefüllte Gefäß, welches das Silberbad enthalten soll, gibt per 25 g Feinsilber als Cyansilber 27 g Cyankalium zu, rührt so lange um, bis sich alles gelöst hat, und erhält auf diese Weise das fertige Silberbad.

Das salpetersaure Silber ist käuflich erhältlich und wird sich die für den Praktiker immerhin umständliche Darstellung kaum verlohnen. Es sei bei dieser Gelegenheit darauf aufmerksam gemacht, daß das salpetersaure Silber (Höllenstein,

lapis infernalis), wie es im gewöhnlichen Drogenhandel vorkommt, sehr verschieden ist; es enthält oft mehr oder weniger Salpeter beigemischt (für medizinischen Gebrauch); es kommt ferner in Kristallen vor, z. B. für Photographie, dieses enthält oft freie Säure und Kristallwasser; ferner wird es in grauen Stängelchen verkauft, reduziertes Silber enthaltend.

Für galvanische Zwecke muß es ganz rein und neutral sein, am besten geschmolzen, weiß im Bruch, 63,5 % Feinsilber enthaltend; man kann sich leicht selbst überzeugen, ob das salpetersaure Silber rein ist, wenn man etwa 5 g davon mit 50 g destilliertem Wasser kalt auflöst, unter Umrühren so lange chemisch reine Salzsäure zugießt, als sich ein Niederschlag bildet, filtriert, und die abfiltrierte klare Flüssigkeit vollständig verdampft; war das salpetersaure Silber rein, so darf gar kein Rückstand bleiben.

Als Gefäß für Silberbäder werden die Steinzeugwannen bevorzugt, weil sie dichter und reinlicher sind als Holzgefäße, nicht so wie diese die kostbare Silberlösung einsaugen oder durchlassen.

In den angegebenen Silberbäderzusammensetzungen ist stets ein Überschuß von Cyankalium enthalten; dieser ist notwendig, um die Bildung des schwer löslichen Paracyansilbers an den Anoden (dunkler Belag) und die dadurch auftretende Polarisation zu verhindern.

Dieser Cyankaliumüberschuß sowohl als auch der Silbergehalt der Bäder müssen annähernd konstant eingehalten werden, wenn die vorgeschriebene Badspannung, welche die Stromdichte und diese die Qualität des Niederschlages bedingt, Geltung haben soll*).

Es ist daher für den Praktiker sehr wichtig, Merkmale zu wissen, an welchen er die mit der Zeit eintretenden Veränderungen der Badzusammensetzung erkennt.

Diese ändert sich sowohl durch den elektrolytischen Prozeß selbst als auch (und weit mehr) durch unrichtige Behandlung. Vor allem ist es der Cyankaliumgehalt, dessen Änderung sich am empfindlichsten bemerkbar macht; wird mit zu kleinen

*) Er beträgt pro 25 g Feinsilber im Liter 10—12 g.

Anodenflächen gearbeitet, so vermehrt sich der Cyankaliumgehalt bei gleichzeitiger Silberverarmung des Bades und macht sich durch das veränderte Aussehen der Anoden während der Stromtätigkeit bemerkbar; die Silberanoden, welche bei richtigem Cyankaliumgehalt eine »matt-lichtgraue Färbung« zeigen, sehen bei überhandnehmender Vermehrung des Cyankaliumgehaltes »weiß bis metallglänzend« aus. Da durch die Vermehrung des Cyankaliumgehaltes der spezifische Badwiderstand vermindert wurde, so erhöht sich bei gleicher Badspannung die Stromdichte; der Silberniederschlag wird daher ein rauh kristallinisches Aussehen und etwas dunkleren Ton zeigen; die Versilberung wird schlecht haften, beim Kratzen oder Polieren sich ganz oder teilweise ablösen, »aufsteigen«, wie es der Praktiker nennt.

Sehr häufig kommt es auch vor, daß den Bädern, wenn sich keine Unregelmäßigkeiten im Betriebe zeigen, ganz zwecklos Cyankalium zugesetzt wird; in einem solchen Bad kommt es dann, wenn nicht der Strom abgeschwächt wird, bis zur Gasentwicklung und zu einer dadurch bedingten sandigen und pulverförmigen Abscheidung von Silber.

Ist der Cyankaliumgehalt nur durch die Stromarbeit vergrößert worden, so kann man mit Sicherheit annehmen, daß das Bad auch silberarm geworden ist.

Hat man an den erklärten Anzeichen das Überhandnehmen des Cyankaliums oder die Silberverarmung erkannt, so muß durch Zugabe von Silber das normale richtige Verhältnis wieder hergestellt werden, indem man dem Bad in kleinen Mengen nach und nach, bei anhaltend energischem Umrühren so lange und so viel von der Silberverbindung (für Starkversilberung natürlich nur Cyansilber) zusetzt, als sich noch leicht und rasch löst; sobald deren Lösung anfängt langsam und träge sich zu vollziehen, hält man inne, ein weiterer Silberzusatz wäre überflüssig.

Wurde ein zu großer Cyankaliumgehalt durch zweckloses Zugeben dieses Produktes verursacht, so ist in gleicher Weise zu korrigieren; in diesem Fall kann aber der Silbergehalt des Bades weit über den normalen Gehalt erhöht werden, die Lösung wäre daher mit Wasser zu verdünnen.

Ist ein Silberbad arm an Cyankalium geworden, entweder durch Zersetzung des letzteren oder infolge zu großer Anodenfläche (beziehungsweise zu kleiner Warenfläche) oder eines allzu reichlichen Silberzusatzes, so zeigt sich dies abermals an den Silberanoden, die mit einem dunkeln, mattfleckig aussehenden Belag überzogen sind, der auch im stromlosen Bad nicht verschwindet; dieser Belag ist das schon oben erwähnte schwerlösliche Paracyansilber, welches gewaltsam mit einer Bürste entfernt werden muß, sonst vermögen die Anoden kein Silber abzugeben und das Bad würde bald silberarm werden. Cyankaliummangel macht sich auch am Niederschlag bemerkbar, der einen unansehnlich bläulich- oder gelblichweißen Ton zeigt; der spezifische Badwiderstand wird nämlich durch Mangel an Cyankalium erhöht, die Stromdichte vermindert, wodurch auch die Qualität des Niederschlages leidet.

Ein cyankaliumarmes Bad wird korrigiert, indem man vorsichtig nach und nach Cyankalium in kleinen Mengen darin umrührend löst (per Liter Bad mit etwa 2 g Cyankalium beginnend), gleichzeitig dabei den Gang der Versilberung und das Verhalten der Anoden beobachtend, nur so viel zusetzt, als erforderlich ist.

Eine praktische Methode, den richtigen Cyankaliumgehalt eines Silberbades zu kontrollieren, ist folgende:

Man bringt $^1/_{10}$ l der zu prüfenden Lösung in ein Becherglas, gießt eine Lösung von 1 g Silbernitrat in etwa 50 g Wasser hinein und rührt um; löst sich der dabei entstehende weiße käsige Niederschlag (Cyansilber) rasch auf (verschwindet er sofort), so enthält das Bad einen zu großen Überschuß an Cyankalium; löst er sich trotz Umrührens nicht, so fehlt es der Lösung an Cyankalium; bei richtigem Cyankaliumgehalt wird sich der Niederschlag zwar lösen, aber langsam.

Bei richtigem Cyankaliumgehalt zeigen die Silberanoden während der Stromtätigkeit einen matt-lichtgrauen Belag, der bei Stromunterbrechung alsbald weiß wird.

Die Silberbäder, überhaupt alle cyankalischen Lösungen werden mit der Zeit immer konzentrierter, und zwar durch verschiedene Ursachen: der Wassergehalt vermindert sich durch Verdunstung an der Luft, es muß also im Verhältnis Wasser nachgegossen werden, um diesen Verlust zu ersetzen; wird ein Bad jedesmal bei Silberverarmung mit Chlorsilber korrigiert, wobei sich Chlorkali bildet, so wird mit der Zeit

die Lösung mit diesem übersättigt, ihre Funktion dadurch beeinträchtigt; es wurde daher bereits empfohlen, zur Regenerierung silberarmer Bäder nur Cyansilber zu verwenden, womit die Bildung eines fremden Salzes vermieden bleibt. Für die Silberbäder, überhaupt für alle cyankalischen Lösungen, welche viele Jahre Dienste leisten müssen, verwende man ausschließlich nur das reine Cyankalium 100% sowohl zur Bereitung als auch zur Korrektur; die minderen Cyankaliumsorten enthalten nebst cyansaurem Kali oder Natron sehr viel (bis zu 75%!) Pottasche, beziehungsweise Soda, welche Produkte sich in den Bädern anreichern und Störungen verursachen.

Aber auch die mit reinen Chemikalien fachgemäß bereiteten Bäder erleiden infolge der leichten Zersetzbarkeit der wässerigen Lösung von Cyankalium Veränderungen, die mit der Zeit recht unangenehme Störungen im Betrieb verursachen können. Der Strom zersetzt nämlich auch einen Teil des im Überschuß vorhandenen Cyankaliums in Ätzkali, Blausäure und Wasserstoff; das gebildete Ätzkali nimmt aus der Luft Kohlensäure auf und verwandelt sich hierdurch in kohlensaures Kalium, während Blausäure und Wasserstoff entweichen.

Durch die Kohlensäure der Luft werden außerdem die obersten Flüssigkeitsschichten fortwährend in kohlensaures Kalium und Blausäure zersetzt.

Enthält das Cyankalium auch Cyannatrium, so wird sich auch Ätznatron, beziehungsweise kohlensaures Natrium bilden.

Alle diese Zersetzungen haben hauptsächlich ein Endprodukt, das kohlensaure Kalium, beziehungsweise Natrium; dieses reichert sich nun mit der Zeit zu einer Menge an, die zur Erhöhung der Konzentration wesentlich beiträgt und endlich störend wirkt. Verfasser hatte Gelegenheit, alte Silberbäder mit einer Konzentration von $31^1/_2{}^0$ Bé zu untersuchen, die im Liter 350 g kohlensaures Kalium und 8 g ameisensaures Kalium enthielten. Daß mit einem solchen Bad nichts mehr zu machen ist, braucht wohl nicht besonders bemerkt zu werden. Solche alte und vernachlässigte Bäder enthalten noch außerdem beträchtliche Mengen von Kupfer, Zink und Nickel, welche durch Lösen der zu versilbernden Waren im Moment des stromlosen Einhängens ins Bad gelangten; der-

artige Lösungen haben ausgedient und müssen zur Wiedergewinnung des noch enthaltenen Silbers entsprechend behandelt werden.

Im allgemeinen sei bemerkt, daß die Konzentrationszunahme unserer Cyankaliumbäder bis zu einem gewissen Grad durchaus nicht so gefährlich ist. Bäder mit 15° Bé, ja selbst mit 18° Bé arbeiten, wenn Silber- und Cyankaliumgehalt richtig sind und der Stromregulierung die nötige Aufmerksamkeit gewidmet wird, noch ganz gut.

Natürlich gelten für solche Bäder die angegebenen Stromverhältnisse nicht mehr. Dadurch, daß diese Bäder schon ziemliche Mengen von Alkalisalzen, deren Lösungen bekanntlich hohe Leitfähigkeiten aufweisen, enthalten, wird der spezifische Badwiderstand bedeutend geringer. Für die richtige normale Stromdichte brauchen wir daher eine geringere Badspannung.

Um dem Leser einen beiläufigen Begriff von diesen Verhältnissen zu geben, sei erwähnt, daß ein vor zwölf Jahren normal bereitetes Cyansilberbad, das natürlich immer fachgemäß korrigiert wurde, nach dieser Zeit bei einer Konzentration von $16^1/_2$° Bé pro 1 l folgende Salze enthielt:

Silber als Cyansilber	32,3 g
Cyankaliumüberschuß	16 g
Kohlensaures Kalium	75,5 g
Ameisensaures Kalium	24,5 g

Will man mit diesem Bad bei einer Stromdichte von 0,3 A arbeiten, so braucht man bei Verwendung gleich großer Elektrodenflächen und einer Elektrodenentfernung von 15 cm nur mehr eine Badspannung von 0,6 V, während man ursprünglich bei derselben Entfernung mit 1,3 V arbeiten mußte.

Der Nachteil solch konzentrierter Bäder besteht darin, daß der Niederschlag, wenn die im Bad beim Durchgang des Stromes sich unvermeidlich bildenden Konzentrationsschichten nicht durch öfteres Mischen beseitigt werden, leicht streifig oder rauh-körnig, unglatt und unegal ausfällt (am fühlbarsten bei niederer Badtemperatur) und schwierig zu polieren ist.

Mit dem in der Praxis häufig angewandten Mittel, diese konzentrierten Bäder mit Wasser auf die normale Konzen-

tration zu verdünnen, ist meistens wenig geholfen, weil mit dem Verdünnen auch der Silber- und Cyankaliumgehalt vermindert werden; es muß dann wieder Cyansilber, eventuell Cyankalium zugesetzt werden; nach vieler Mühe und Verdruß hat man aber dann doch wieder nur ein altes Bad.

Es ist daher praktischer, den Gehalt an kohlensaurem Kalium, respektive Natrium gar nicht so stark anwachsen zu lassen, sondern diese Produkte von Zeit zu Zeit zu entfernen.

Es kann dies dadurch bewirkt werden, daß man dem Bad so lange Atzbarytlösung zusetzt, als sich ein weißer Niederschlag von kohlensaurem Baryum bildet; die Lösung enthält jetzt eine dem kohlensauren Kalium, respektive Natrium entsprechende Menge von Ätzkali oder Ätznatron, welche nach Entfernung des kohlensauren Baryums (durch Absetzen und Abziehen) mit Blausäure neutralisiert wird, wobei sich Cyankalium rückbildet.

Die Operation mit Blausäure ist immerhin sehr unangenehm, gefährlich und außerdem sehr teuer.

Nach Steinach und Buchner lassen sich kohlensaures Kalium, beziehungsweise Natrium durch Versetzen der Lösung mit Cyanbaryum beseitigen, indem sich durch Wechselwirkung kohlensaures Baryum bildet, das durch Filtration zu entfernen ist, und Cyankalium, beziehungsweise Cyannatrium, das in Lösung bleibt.

Es drängt sich bei diesen Korrekturarbeiten dem Praktiker wohl der Wunsch auf, eine Methode kennen zu lernen, nach welcher er genau bestimmen kann, welche Gewichtsmengen an Silber, Cyankalium oder Cyanbaryum im erforderlichen Fall zuzusetzen sei. — Für den Chemiker ist dies ein leichtes: er bestimmt z. B. per 1 l Bad den Silbergehalt und das freie Cyankalium und berechnet daraus die Menge des einen oder anderen Produktes, welches zuzusetzen ist, um das ursprüngliche Verhältnis wieder herzustellen.

Aber dem Nichtchemiker dies zu erklären, würde wohl zu weit führen und kaum viel nützen, weil ihm die erforderlichen Apparate sowohl als auch die nötigen Vorkenntnisse für derartige chemische Arbeiten fehlen.

Es empfiehlt sich, jedes Jahr einmal die Silberbäder von einem Chemiker untersuchen zu lassen, und zwar sowohl Silber- und Cyankaliumgehalt als auch Verunreinigungen der Bäder zu bestimmen und sie bei dieser Gelegenheit wieder in den normalen Zustand zu versetzen. Anläßlich der Jahresinventur ist ja Gelegenheit dazu geboten, da der Wert der Edelmetallbäder deren Gehaltsbestimmung ohnedies erfordert.

Innerhalb eines Jahres verändern die Bäder bei richtiger Behandlung ihre chemische Beschaffenheit nicht so bedeutend, daß eine chemische Untersuchung erforderlich wäre, und reicht der Praktiker mit den angegebenen Vorschriften vollkommen aus, bei deren Befolgung eine Störung nicht so bald zu befürchten ist, namentlich wenn die angegebenen Stromverhältnisse eingehalten werden.

Bei Erzeugung starker Niederschläge machen sich Vernachlässigungen weit fühlbarer als bei leichten Elektroplattierungen.

Sehr wichtig ist es bei der starken Versilberung, auch die Reinlichkeit in den Bädern zu überwachen; Staub fällt hinein, in den Hohlräumen der sogenannten Hohlwaren (Leuchter, Kannen), für die man allerdings praktischerweise separate Bäder verwendet, bleibt unvermeidlich Schmutz, der dann in das Bad gebracht wird usf. Diese sind daher öfters zu reinigen (filtrieren).

Manipulation beim Versilbern. Als »Anoden« verwendet man beim Versilbern nur Feinsilberplatten nicht unter 1 mm dick und die Anodenfläche ebensogroß als jene der im Bad hängenden Ware. Wird aber aus Sparsamkeit eine kleinere Anodenfläche eingehängt, so ist die Badspannung zu erhöhen (wie bei den Stromdaten der Bäder vorgeschrieben) und behufs gleichmäßiger Versilberung auch die Elektrodenentfernung zu vergrößern.

Eingehängt werden die Silberanoden mittels Streifen aus Feinsilberblech, mit Silbernieten angenietet, über die Anodenstangen hakenförmig gebogen, an diese mit gutem Kontakt innig anliegend, damit der Strom unbehindert zirkulieren kann, siehe Figur 129.

Die Anoden bleiben im Bad, auch wenn nicht gearbeitet wird, um dem in der Lösung enthaltenen Cyankalium Gelegenheit zu bieten, das an der Oberfläche der Silberplatten allenfalls vorhandene Cyansilber aufzulösen und dem Bad wieder zuzuführen.

Die Entfernung der Waren von den Anoden (Elektrodenentfernung) sei bei flachen Objekten mindestens 10 cm, bei voluminösen entsprechend größer. Es wurde bei Bestimmung der für jedes Bad geeigneten Badspannung eine normale Elektrodenentfernung von 15 cm angenommen; bei geringerer Entfernung ist auch die Badspannung entsprechend zu vermindern.

Gewöhnlich wird beim Versilbern nur eine Warenreihe zwischen zwei Anodenflächen eingehängt; will man zwischen zwei Anodenflächen zwei oder mehrere Warenreihen einhängen (allenfalls ganz kleine Objekte), so muß auch wie bei voluminösen Körpern die Entfernung der Anoden von den Waren entsprechend vergrößert werden.

Versilberung nickelhaltiger Legierungen. In der Chinasilberwarenindustrie werden Messing (Kupferzinklegierung) und Neusilber (Kupferzinknickellegierung) als Grundmetall verarbeitet, letztes mit einem Nickelgehalt von 15—35%.

Die Versilberung des Messings bereitet bekanntermaßen keinerlei Schwierigkeit; aber auf Neusilber haftet der Silberniederschlag um so schwieriger, je nickelreicher es legiert ist, und es wird insbesondere für Eßbestecke gern ein nickelreiches Neusilber verwendet, weil der Nickelgehalt es ist, welcher der Legierung Härte, Klang und weiße Farbe verleiht, das sind wünschenswerte Eigenschaften für das Grundmetall der Chinasilberwaren.

Obwohl die Dekapierung der Kupferlegierungen schon eingehend beschrieben wurde, soll diese hier nochmals kurz wiederholt werden, weil die nachfolgende Versilberung speziell des nickelreichen Neusilbermetalles durch unrichtige Behandlung beim Gelbbrennen leicht Schwierigkeiten bereiten kann.

Die Objekte (nehmen wir an: Löffel, Gabeln, Tassen usw.) werden aus Blech gestanzt und gedrückt oder gehämmert (getrieben), um ihnen die Form zu geben, behufs dessen

geglüht; dadurch verzundern sie an der Oberfläche und müssen »gebeizt« werden (in verdünnter Schwefelsäure 1:10), bis der schwarze Zunder eine braune Färbung zeigt. Nach dem Beizen werden sie, wie schon bekannt, gebrannt, und zwar erst in der Vorbrenne, dann in der Glanzbrenne, in mehreren reinen Wassern sorgfältigst abgespült, vor dem Versilbern noch mit Rohweinsteinpulver und Wasser abgebürstet, um den von den Säuredämpfen auf der Metalloberfläche verursachten Anlauf zu beseitigen, schließlich abermals in reinem Wasser abgespült.

Handelt es sich um Messing, so ist durch das Gelbbrennen für die nachfolgende Versilberung wenig zu befürchten, denn wie schon bemerkt, bereitet die Versilberung dieses Metalles keinerlei Schwierigkeit; aber beim Gelbbrennen des Neusilbermetalles empfiehlt es sich, dieses nur kurze Zeit der Einwirkung der Gelbbrenne auszusetzen, weil sich aus der Legierung Kupfer und Zink leichter lösen als Nickel und somit leicht eine »Anreicherung» des Nickels an der Oberfläche entsteht, womit die Schwierigkeit des nachfolgenden Versilberns erhöht wird. In Anbetracht dieses Umstandes wäre es empfehlenswert, bei Neusilberobjekten das Beizen und Gelbbrennen ganz zu unterlassen und das Dekapieren mittelst Sandstrahlgebläse auszuführen, entschieden die rationellste, einfachste und billigste Methode, wodurch die Metallegierung nicht alteriert und die Haltbarkeit der Versilberung begünstigt wird.

In diesem Fall genügt es, die auf solche Art dekapierten Gegenstände vor dem Versilbern in kochender Ätznatronlauge zu entfetten, mit Rohweinsteinpulver und Wasser tüchtig abzubürsten und in reinem Wasser gründlich abzuspülen, um jede Spur von Oxyd (Anlauf) zu beseitigen und sofort, ohne trocknen zu lassen und ohne mit der trockenen Hand anzutasten, der Versilberung zuzuführen.

Versilbern von Britannia-Waren. Speziell das Versilbern von Britannia-Waren und von Waren aus ähnlichen Legierungen begegnet manchmal großen Schwierigkeiten. Entweder es steigt der Silberniederschlag schon im Bade auf oder wenn er dort hält, dann verträgt er das nachträgliche Kratzen und Polieren nicht. Die direkte Versilberung solcher Legierungen

gelingt aber anstandslos, wenn man folgende Methode einschlägt, die Pfanhauser sen. schon im Jahre 1880 praktisch empfohlen hat.

Die zu versilbernden Gegenstände werden zuerst in Ätznatronlauge entfettet, und zwar durch längeres Kochen in einer Mischung von

Wasser	**100 l**
Ätznatron	**20 kg**

Die Objekte bleiben so lange darin, bis sie schwarz aussehen, dann kratzt man auf der Kratzmaschine mit Messingbürsten unter Zuhilfenahme von Bimsstein, spült in Wasser ab und bringt sie nochmals in eine kochendheiße Lösung von

Wasser	**100 l**
Ätznatron	**1 bis 2 kg**

Man beläßt die bereits auf Kupfereinhängedrähten befestigten Waren etwa eine halbe Minute in dieser Lauge, bis sie gut warm sind, und hängt sie mit dieser Lösung, aber ohne nochmaliges Spülen direkt in das

Versilberungsbad. Dieses Bad muß tunlichst reich an Silber sein, um die der angewandten Stromdichte entsprechende Silbermenge stets in der Nähe der Kathoden zu haben. Entsprechend der angewendeten hohen Anodenstromdichte muß natürlich auch der Cyankaliumgehalt höher gewählt werden, um den bekannten Anodenbelag bei lokalem Cyankaliummangel hintanzuhalten.

Das Bad erhält demzufolge am besten die Zusammensetzung:

Wasser	**1 l**
Feinsilber als Cyansilber	**50 g**
Cyankalium 98 %	**100 g**

Man deckt mit Spannungen von 6 bis 8 Volt etwa eine Minute lang unter Bewegen der Ware während des Deckens. Die weitere Verstärkung des Silberniederschlages kann dann in einem gewöhnlichen Bade unter Anwendung gewöhnlicher Stromverhältnisse stattfinden.

Der erste Anflug von Silber muß, wenn ein gutes Resultat erwartet werden soll, sofort schön weiß sein. Zeigt er einen bläulichen Schimmer, dann ist etwas nicht richtig gewesen

und man kann sicher sein, daß der weitere Niederschlag unbrauchbar wird. Man sorge bei solchen Bädern stets dafür, daß die richtigen Stromverhältnisse obwalten, und versehe solche Bäder außer dem unumgänglich notwendigen Spezial-Badstromregulator mit einem präzise anzeigenden Ampermesser und eigenem Voltmesser. Aus den Angaben der beiden letzteren wird der Praktiker sofort bemerken können, wenn an seinem Silberbad etwas nicht in Ordnung ist, er wird sehen können, ob eine der hohen Badspannung entsprechende Stromstärke in sein Britannia-Vesilberungsbad fließt, was er aus den Angaben eines Voltmessers allein nicht beurteilen könnte.

Das Verquicken findet nur beim Versilbern und Vergolden Anwendung, und zwar bei beiden nur dann, wenn es sich um starke Niederschläge handelt. Es hat den Zweck, eine innige Vereinigung des Niederschlages mit dem Grundmetall zu vermitteln; es erklärt sich dies damit, daß das Quecksilber sowohl mit dem Grundmetall als auch mit dem Silberbzw. Goldniederschlag sich amalgamiert, eine innig verbindende Zwischenlage bildet.

Nicht alle Metalle lassen sich verquicken, wohl nur diejenigen, welche mit Quecksilber sich amalgamieren wie Kupfer, Messing, Tombak, Neusilber, Zink; die Metalle Eisen, Stahl, Nickel amalgamieren sich teils nur schwierig, teils gar nicht, sie lassen sich daher auch nicht verquicken.

Nur starkwandige Metallgegenstände sind zum Verquicken geeignet; solche aus dünnem Blech nicht, weil die Amalgamation, wenn auch nur eine ganz geringe Tiefe, aber denn doch in das Metall eindringt, dünnwandige Objekte brüchig machen würde.

Die Manipulation des Verquickens ist folgende: Die Metallgegenstände aus Kupfer oder aus Legierungen mit solchem werden nach dem Dekapieren als Fortsetzung desselben und unmittelbar vor dem Einhängen in das Silberbad einige Sekunden in folgende Lösung getaucht:

Wasser	1 l
Cyanquecksilberkalium	5 bis 10 g
Cyankalium 100 %	10 „ 20 g

Da, wie oben bemerkt, das Verquicken nach dem Dekapieren vorgenommen wird, ist es zugleich die Probe einer tadellosen Reinigung; war diese mangelhaft, so wird die Verquickung unrein, fleckig ausfallen, oder die Ware unverquickte Stellen zeigen, während ein tadellos dekapiertes Objekt sich gleichmäßig mit einer brillant glänzenden Quecksilberschicht überziehen wird. Im ersten Fall muß das Quecksilber durch Erwärmen über Holzkohlenfeuer oder über einer Spiritusflamme entfernt (abgeraucht), das Objekt neuerlich dekapiert werden; nach tadelloser Verquickung bürstet und spült man das Objekt mit reinem Wasser gründlich ab und bringt es sofort in das Silberbad.

Sehr gefährlich sind die sog. »Quickflecke«, die durch Unachtsamkeit auf Metallgegenstände geraten; diese verursachen viel Verdruß, können nur durch Abrauchen (wie eben erklärt) entfernt werden. Verquickte Gegenstände dürfen daher nicht auf Tische gelegt werden, wo andere Ware hingelegt wird, und dürfen mit anderen Metallobjekten in keine Berührung kommen.

Die Quicklösung ist von allen anderen Lösungen, auch von den Beizen und Gelbbrennen entfernt zu halten, denn diese sind verdorben und nicht mehr brauchbar, wenn auch nur eine kleine Menge Quecksilberlösung hineingerät.

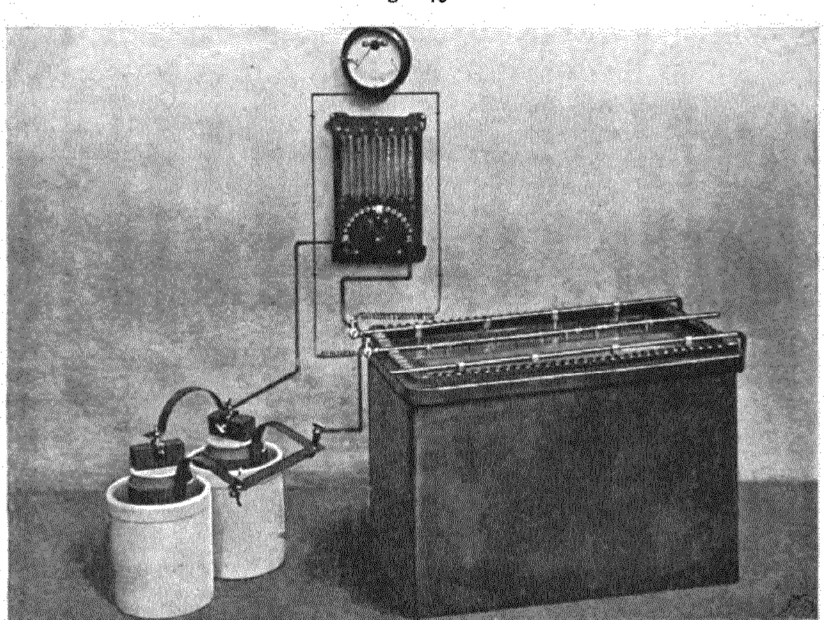
Es wurde bereits bemerkt, daß auf nickelhaltigen Metalllegierungen (Neusilber) der Silberniederschlag um so schwieriger haftet, je mehr Nickel die Legierung enthält. Jedenfalls begünstigt das vorherige Verquicken die Haltbarkeit des Niederschlages und macht die Versilberung bis zu einem mittelmäßigen Nickelgehalt keinerlei Schwierigkeit; wenn aber dieser allzusehr dominiert, so wird die Versilberung entweder schon beim Kratzen abgehen oder beim Polieren sich wegschieben. In solchem Fall muß vor dem Versilbern verkupfert oder vermessingt werden, wenn man sich nicht zur Verwendung einer salpetersauren Quickbeize entschließen will.

Versilberung mit Dynamomaschinen. In Fabriken, die sich ausschließlich nur mit Versilberung befassen, werden rationell Dynamomaschinen mit 3 V Klemmenspannung verwendet; obschon für Versilberung flacher Objekte bei 15 cm Elektrodenentfernung eine Badspannung bis 1,3 V genügt, empfiehlt es sich trotzdem Maschinen mit 3 V zu nehmen, mit Rücksicht darauf, daß es die Versilberung voluminöser Objekte erfordert, die Elektrodenentfernung bis zu 30 cm zu vergrößern und dementsprechend auch die Badspannung zu

erhöhen. Für den Fall, daß gleichzeitig vergoldet werden soll, gibt es auch Bäderzusammensetzungen, welche bei normalen Elektrodenentfernungen mit Spannungen bis zu 3 V arbeiten.

Es ist unerläßlich, jedes Bad mit einem Badstromregulator zu versehen (der die zu hohe Netzspannung zu verringern hat), und zur Kontrolle der Badspannung an jedes Bad einen Voltmesser anzuschließen. Man pflegt gewisse Metalle, auf

Fig. 145.



Versilbern mit Batterie.

denen der Silberniederschlag schlecht haftet, mit höherer Stromdichte zu decken, d. h. den ersten Anflug von Silber schnell zu erzeugen, wozu oftmals Badspannungen von 5 bis 8 V verwendet werden müssen.

Um die von den Dynamomaschinen erzeugte elektrische Energie besser ausnützen zu können, um nicht einen großen Teil davon in Regulatoren vernichten zu müssen, schaltet man, der Klemmenspannung der Maschine entsprechend, zwei oder mehrere Bäder »hintereinander« und gleicht durch

Regulatoren, die im Nebenschluß zu den Bädern liegen, eventuelle Ungleichheiten in der Bäderbeschickung aus, die durch die Angaben der mit jedem Bad verbundenen Voltmesser angezeigt werden. So zeigt die höhere Badspannung eine zu kleine Fläche an, d. h., in dem betreffenden Bad herrscht eine zu hohe Stromdichte; mit Hilfe des Badstromregulators (der hier parallel mit dem Bad verbunden ist) wird nun so lange reguliert, bis die vorgeschriebene Badspannung erzielt ist.

Viele Metalle, deren direkte Versilberung Schwierigkeiten macht, werden bekanntlich vorher vermessingt oder verkupfert. Hierzu braucht man, wenn die Objekte nur einigermaßen dimensioniert sind, Badspannungen über 3 V, es sind daher in solchen Betrieben Maschinen mit 4 Volt und eventuell noch höherer Spannung zu verwenden. Man kann nun die erforderliche Badspannung für die Silberbäder durch Badstromregulatoren, die jedem Bad vorzuschalten sind, auf die vorgeschriebene Höhe bringen oder aber, wenn angängig, durch »Hintereinanderschaltung«, wie bereits des öfteren erwähnt, in rationellerer Weise die Maschinenleistung ausnützen.

In Anlagen, in denen die Versilberung eine nur untergeordnete Rolle spielt, wo etwa neben vielen anderen Bädern ein einziges Silberbad arbeitet, wird man letzteres am Ende der gemeinsamen Hauptleitung anschalten und den erforderlichen Badstromregulator vor das Silberbad legen, so daß die Badspannung von 1 V konstant gehalten werden kann.

Versilbern mit Elementen. Wird mit Batterie gearbeitet, so verwendet man je nach Strombedarf ein Bunsen-Element oder mehrere auf Stromquantum verbundene Elemente entsprechender Größe. Siehe Figur 145.

Die Anwendung einer Tauchbatterie gestattet in vielen Fällen, die auch bei Einrichtungen mit einzelnen Bunsen-Elementen erforderlichen Badstromregulatoren zu vermeiden, da die Regulierung der Stromstärke im Bad auch dadurch geschehen kann, daß man den inneren Widerstand der Elemente durch mehr oder minder tiefes Eintauchen der Elementelektroden nach Belieben verändert.

Für den Elementbetrieb bei der Versilberung genügt im allgemeinen ein Bunsen-Element, für besonders große Warenflächen eine Gruppe parallel geschalteter Elemente entsprechender Größe.

Für eine Warenfläche von	genügt 1 Bunsen-Element mit einer wirksamen Zinkfläche von ungefähr
12 qdm	5,8 qdm
20 „	7,9 „
30 „	12,4 „
usf.	usf.

Wenn mit höherer Badspannung (2 V) gearbeitet wird, etwa behufs Deckung schwierig zu versilbernder Metalle, schaltet man zwei Elemente, bzw. zwei Gruppen parallel geschalteter Elemente hintereinander.

Bezüglich der Einrichtung und des Betriebes mit Elementen wird auf das Kapitel »Betrieb mit Elementen« verwiesen.

Soll neben der Versilberung auch vergoldet, vermessingt oder verkupfert werden, so tut man am besten, für diese Fälle separate Batterien entsprechender Dimensionen (siehe die einzelnen Elektroplattiermethoden) anzuschaffen.

Nach dem Dekapieren und eventuellen Verquicken werden die Waren in das Silberbad gehängt, etwa $^1/_4$ Stunde übersilbert; bei nickelreichem Grundmetall oder Britannia wird man den ersten Anschlag mit etwas höherer Badspannung vollziehen, regelt diese aber, nachdem die Gegenstände mit Silber gedeckt sind, mit dem Regulator sofort auf die normale. Daß das Bad, also dessen Waren- und Anodenleitung schon vor dem Beschicken mit der Stromquelle verbunden sein müssen, so daß die Stromtätigkeit beim Einhängen der Ware sofort beginnt, wurde schon wiederholt bemerkt.

Nach etwa $^1/_4$ Stunde nimmt man die Ware, ein Stück nach dem anderen aus dem Bad, spült in Wasser ab und überkratzt mit Kratzbürsten aus Messingdraht 0,15 mm; wo der Niederschlag nicht fest haftet, wird er mit der Kratzbürste entfernt, auch noch mit Rohweinsteinpulver und Wasser mit Borstenbürsten nachgebürstet, in reinem Wasser gründlich

abgespült und weiter versilbert. Hat sich die Versilberung als festhaftend erwiesen, so wird bis zur Vollendung ausversilbert. **Die Versilberungsdauer** richtet sich nach der gewünschten Stärke des Niederschlages; Eßlöffel und Gabeln z. B. werden je nach der Qualität mit 30 bis 100 g Silber per Dutzend Paar belegt, deren Versilberungsdauer wird bei normaler Stromdichte 1 $^1/_2$ bis 5 Stunden beanspruchen.

In Anbetracht dieser langen Elektroplattierdauer sind zwei Umstände zu beachten, nämlich der Einhängkontakt an der Ware und der Austausch der die Ware umgebenden Badschichte; hängt die Ware während der langen Elektroplattierdauer unbeweglich im Bad, so wird die Stelle, wo der Einhängdraht an dem Gegenstand anliegt, unversilbert oder schwächer versilbert bleiben; man hat daher dafür zu sorgen, daß dieser Einhängkontakt häufig geändert werde. Ferner wird bei gänzlicher Bewegungslosigkeit des Bades der die Ware umgebenden Lösungsschichte bald ihr Metallgehalt entzogen, die Folgen hiervon haben wir bereits im Kapitel »theoretische Winke für den Elektroplattierer« kennen gelernt.

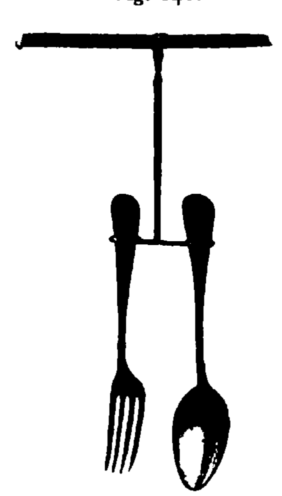
Es leuchtet ein, daß bei längerer Elektroplattierdauer eine womöglich kontinuierliche Bewegung des Bades oder der Waren von größter Wichtigkeit ist; das bei der Galvanoplastik vorgeschlagene Einblasen von Luft ist bei cyankalischen Lösungen nicht anwendbar, weil die in der Luft enthaltene Kohlensäure die Zersetzung des Cyankaliums in kohlensaures Kali und Blausäure beschleunigen würde. Wir sind in diesem Fall entweder auf eine mechanische Bewegung des Bades durch eine Rührvorrichtung (siehe Galvanoplastik) oder auf Bewegung der Ware in horizontaler oder vertikaler oder in beiden Richtungen angewiesen, welche leichter durchführbar ist, entweder durch oftmaliges Schütteln der Warenstangen mit der Hand oder kontinuierlich durch eine von der Transmission betriebene Exzenterscheibe. Letzterer Vorschlag verdient wohl schon deswegen den Vorzug, weil dadurch gleichzeitig auch der Einhängkontakt an der Ware fortwährend verändert wird.

Daß das Anbringen der Einhängdrähte an der Ware in geschickter zweckentsprechender Weise ausgeführt werde, ist

selbstverständlich, und ist dabei zu beachten, daß sowohl die erforderliche Leitungskontaktfläche für die durchgehende Stromstärke gewahrt werde; auch ist dem Umstand Rechnung zu tragen, daß die Kontaktstellen, wo der Einhängdraht an das Objekt anliegt, nicht schwächer versilbert bleiben.

Bei der Starkversilberung ist jedenfalls darauf zu sehen, daß die Ware in allen Partien eine gleich starke Silberschichte erhalte, was zunächst dadurch erreicht wird, daß flache Objekte mit den Flächen parallel zu den Anoden im Bad hängen, bei voluminösen Gegenständen den bereits abgegebenen Erklärungen entsprechend die Elektrodenentfernung vergrößert werde.

Fig. 146.



Einhängen der Eßbestecke in das Silberbad.

Das Einhängen der Eßbestecke erfolgt am zweckmäßigsten mittelst Drahthaken in der in Figur 146 dargestellten Form derart, daß die der Abnützung am meisten unterworfenen Auflageflächen der Eßbestecke den Anoden zugekehrt sind, damit diese keinesfalls schwächer versilbert werden als die tiefer liegenden Innenflächen.

Es wurde auch bereits bemerkt, daß die Versilberungsdauer sich nach der gewünschten Stärke des Silberniederschlages richtet, respektive bei der Starkversilberung »nach Gewicht« werden die Waren so lange versilbert, bis sie das der Qualität und dem Preis entsprechende, vorher bestimmte Gewicht Silber aufgenommen haben. Wir werden nachfolgend die verschiedenen Methoden dieser Gewichtsbestimmungen des Niederschlages eingehend besprechen, wollen aber vorher noch die Manipulationen bei Beendigung des Versilberns besehen.

Haben die Objekte genügend Silber aufgenommen, so wird mittels des Stromregulators oder Ausschalters der Strom unterbrochen, und sollen nach Roseleurs Vorschlag die versilberten Gegenstände noch einige Sekunden stromlos im Bad bleiben; die fertige Versilberung wird mit der Zeit leicht gelblich, und

dem soll auf solche Weise vorgebeugt werden. Andere empfehlen, die fertig versilberten Objekte nach dem Abspülen in Wasser noch in verdünnte Schwefelsäure zu tauchen und schließlich gründlich in Wasser zu waschen, womit der gleiche Zweck erreicht werden soll.

Das Polieren der Versilberung. Der aus dem Bad ganz matt kommende Niederschlag wird mit Kratzbürsten aus Messingdraht 0,15 oder 0,10 mm mit Seifwurzelwasser überkratzt, in reinen staub- und harzfreien Sägespänen getrocknet und warm nachgetrocknet. Die Versilberung ist ebenso wie Silber sehr empfindlich gegen Einwirkung von Leucht-, Sumpf-, Kloaken- und allen Schwefelwasserstoff- oder Schwefelkohlenstoffgasen, welche sie gelb, braun oder dunkel färben. Ein farbloser Lacküberzug (Alkohollack) schützt wohl dagegen, aber Gebrauchsartikel gestatten solchen nicht, sie sind daher vor der Einwirkung solcher Gase möglichst zu bewahren.

Meist werden die versilberten Waren von Hand poliert, und zwar mit Polierstahl oder Polierstein (Blutstein). Das Polieren mit Maschinen mittelst Polierscheiben wird auf dem weichen Silberniederschlag selten angewendet, da diese Arbeit einerseits außerordentlich schwierig ist, anderseits der durch Maschinen erzielbare Glanz bei weitem nicht an den Effekt heranreicht, der durch das Polieren von Hand mit dem Stahl bzw. Blutstein erreicht wird. Für gewisse billigere Artikel ist aber das Polieren mit der Poliermaschine immerhin anwendbar, und wird dazu eine der bekannten Maschinentypen, wie sie im Kapitel über das Schleifen und Polieren beschrieben wurden, benutzt. Die Schleifwelle macht hierzu 2000 Touren pro Minute und man arbeitet mit Kattunflatterscheiben unter Zuhilfenahme von Polierrotpulver J, das mit Alkohol zu einem dünnen Brei angerieben wird. Schließlich wird der Hochglanz mit Wollscheiben und trockenem J-Rouge aufgesetzt.

Glänzende Silberniederschläge. Eine wirklich glänzende Versilberung ist eigentlich nur durch die Eintauch-Glanzversilberung möglich. In dickeren Schichten wird jeder elektrolytisch erzeugte Silberniederschlag matt. Elkington behauptet, durch Zusatz geringer Mengen von Schwefelkohlenstoff glänzende Niederschläge in Silber erhalten zu haben,

und der Verfasser hat sich viele Mühe gegeben, auf diese Weise, die elektrochemisch durchaus erklärlich ist (siehe theoretischen Teil dieses Werkes), glänzende Silberniederschläge zu erhalten, ohne präzise Angaben festlegen zu können, da die Resultate außerordentlich schwierig zu erhalten sind. Jedenfalls fand Verfasser, daß nur ganz geringe Mengen ($^1/_{10}$ g pro Liter im Max.) dieses Produktes, und zwar in Form einer Lösung in Cyankalium, zugesetzt werden dürfen; außerdem muß das betreffende Bad frei von jedweder Erschütterung erhalten werden, sonst wird das Resultat negativ. Diese Schwefelkohlenstofflösung ist übrigens täglich zuzusetzen, wenn man eine Wirkung dauernd sehen will.

Das Wiederversilbern alter Gebrauchsgegenstände ist für Elektroplattierer ein ganz bedeutendes und einträgliches Geschäft, weil es überall versilberte Eßbestecke und Tafelgeräte gibt, welche, nach jahrelangem Gebrauch abgenützt, eine Neuversilberung fordern; einträglich ist diese deswegen, weil der alte starke Silberniederschlag vor dem Neuversilbern erst abgezogen werden muß, ein ganz hübsches Einkommen für den Versilberer bildet, der die Neuversilberung rechnet, ohne gewöhnlich das abgezogene Silber zu vergüten, weil die Berechnung dieses Gegenwertes praktisch so gut wie unmöglich ist.

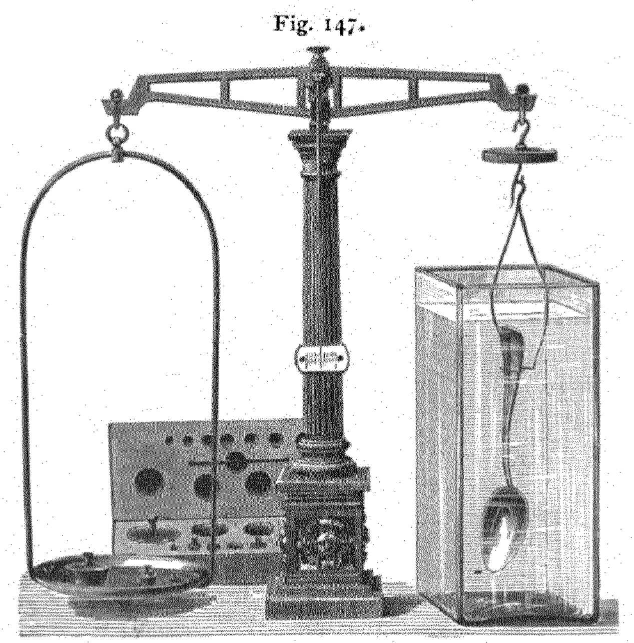
Die Art des »Abziehens der alten Versilberung« — das Absprengen nennt es der Praktiker — wird später eingehend beschrieben; hier sei nur erwähnt, daß behufs Wiederversilberung die Objekte nach dem Abziehen des alten Silberniederschlages ganz so wie neue Fabrikate dekapiert und versilbert werden.

Gewichtsbestimmung des Silberniederschlages. Um zu ermitteln, wie viel Silber auf ein Objekt niedergeschlagen wurde, gibt es verschiedene Methoden.

1. Gewichtsbestimmung des Silberniederschlages durch Abwägen; diese älteste und primitivste Methode besteht darin, daß die Gegenstände nach dem Dekapieren unmittelbar vor dem Einhängen in das Silberbad genau abgewogen werden, dann versilbert; die Gewichtszunahme ergibt das Gewicht des

Silberniederschlages. Man bedient sich dabei einer sehr empfindlichen Balkenwage von einer den zu wägenden Artikeln entsprechenden Größe, welche bei 1 kg Belastung mindestens $^1/_{10}$ g genau ausschlägt. Eine der beiden Wagschalen entfernt man, ersetzt sie durch einen Haken, auf welchen die zu wägenden Gegenstände aufgehängt werden, und welcher der gebliebenen Wagschale das Gleichgewicht hält. Darunter

Fig. 147.



Wage zur Bestimmung des Gewichtes elektrolytischer Niederschläge.

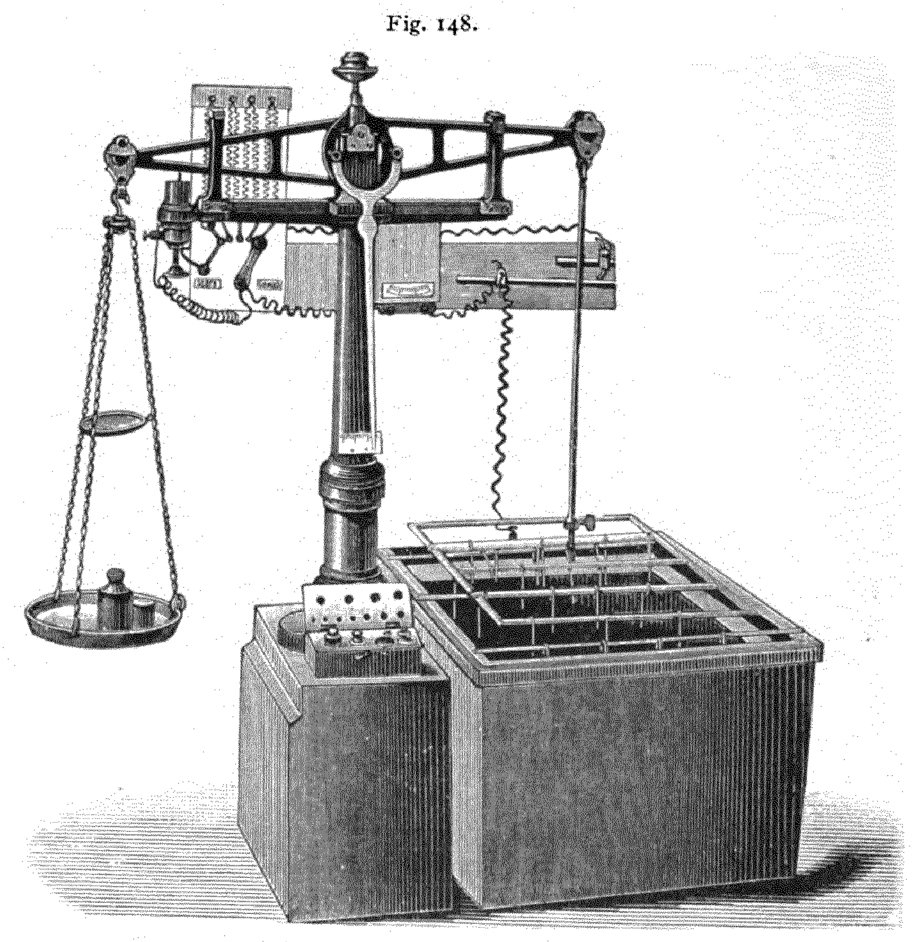
stellt man ein Gefäß mit Wasser gefüllt, genügend groß, so daß selbst die größten Objekte bequem eingehängt werden können. Siehe Figur 147.

Nachdem man den zu versilbernden Gegenstand gelbgebrannt, verquickt und recht gut abgespült hat, hängt man ihn auf den Haken des Wagebalkens, senkt ihn in das Wasser, in dem er ganz frei hängen muß, ohne herauszuragen, legt auf die Wagschale so viel Gewicht, Bleischrot oder Glasperlen, bis das genaue Gleichgewicht der Wage hergestellt ist, und bringt sodann den Gegenstand sofort in das Silberbad, um ihn zu versilbern.

Das Gewicht auf der Wagschale muß selbstverständlich für diesen Gegenstand aufbewahrt bleiben.

Es leuchtet ein, daß, wenn man nach einiger Zeit den Gegenstand wieder aus dem Silberbad nimmt, erst gut ab-

Fig. 148.



Roseleurs argyrometrische Wage.

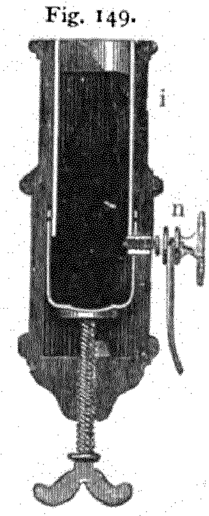
spült und auf dem Haken der Wage, wie anfänglich in das Wasser einhängt, das Mehrgewicht genau das Gewicht des Silberniederschlages sein muß.

Hat man ganz gleiche Objekte zu versilbern, z. B. Löffel, Gabeln u. ä., so wird jedes Objekt annähernd ebenso viel Silber aufgenommen haben, als man an einem abgewogenen

Probestück konstatiert hat. Diese Methode der Gewichtsbestimmung eines elektrolytischen Niederschlages gilt selbstverständlich nicht nur für Versilberung, sondern ist in derselben Weise auch bei allen anderen Metallniederschlägen durchführbar.

2. Gewichtsbestimmung des Silberniederschlages mittelst Roseleurs argyrometrischer Wage. Roseleur hat schon im Jahre 1856 eine sogenannte argyrometrische oder metallometrische Wage (Figur 148) konstruiert und patentiert erhalten, welche äußerst genial erdacht und durchgeführt, aber leider in der Praxis den gerne erhofften Erwartungen nicht immer entsprochen hat.

Fig. 149.



Quecksilbernapf der argyrometrischen Wage.

Auf den oberen Rändern des Badbehälters ruht ein Messinggestänge, worauf die Anodenstangen aufliegen, welche die eingehängten Silberplatten (Anoden) tragen.

An diesem Messingviereck ist eine aus der Zeichnung ersichtliche Klemme angebracht; in diese Klemme wird der Leitungsdraht vom Anodenpol der Batterie oder Dynamomaschine eingeklemmt und steht dieser somit mit den Anoden in Verbindung.

Auf der gußeisernen Säule der Wage ruht mit feinen Stahlprismen in Stahlschneiden der Wagebalken, welcher einerseits die Vorrichtung zum Einhängen der zu versilbernden Waren, anderseits die Wagschale zur Aufnahme der Gewichte trägt, beide gleichfalls auf Stahlprismen empfindlich spielend.

Auf der Seite der Wagschale befindet sich an der Säule befestigt ein eiserner Ring, in welchen ein Näpfchen aus poliertem Eisen eingesetzt ist, und zwar mit einer Zwischenlage aus Gummi, um es von der Wage zu isolieren.

Dieses kleine Näpfchen, Figur 149, ist innen mit einem kleinen Säckchen aus Rehleder oder Kautschuk ausgelegt, welches mit Quecksilber gefüllt ist; mittelst der unten angebrachten kleinen Schraube kann man das Quecksilber im Säckchen beliebig heben oder senken. Seitlich an diesem

Näpfchen befindet sich die Klemmschraube, wo der Leitungsdraht von dem Warenpol der Batterie oder Dynamomaschine eingeklemmt wird. Über diesem Näpfchen ist an dem Querbalken der Wage ein Platinstift befestigt, welcher, je nachdem die Wage auf die eine oder andere Seite sich neigt, in das Quecksilber im Näpfchen eintaucht oder heraussteigt.

Stellt man die Oberfläche des in dem Näpfchen befindlichen Quecksilbers genau so, daß bei vollkommenem Gleichgewicht der Wage der Platinstift diese Oberfläche berührt, so leuchtet ein, daß, wenn man den Träger voll Ware gehängt, in der Gewichtsschale das Gleichgewicht hergestellt und das für den Niederschlag bestimmte Gewicht noch in die Schale gelegt hat, die Wage sich auf die Gewichtseite neigt, der Platinstift in das Quecksilber taucht, der Strom zu wirken und die Ware sich zu versilbern beginnt. Hat die Ware das gewünschte Gewicht Silberniederschlag erreicht, so neigt sich der Wagebalken auf ihre Seite, der Platinstift hebt sich aus dem Quecksilber und der Strom ist unterbrochen; die Ware kann nun kein Silber mehr aufnehmen. Auf diese Weise kontrolliert der Apparat mit der größten Genauigkeit den ihm anvertrauten Niederschlag. In der Praxis hat sich aber gezeigt, daß das ansehnliche Gewicht des Apparates dessen Anwendung sehr erschwert, daß die Genauigkeit des Ausschlages durch das in unseren meist feuchten Werkstätten unvermeidliche Rosten der sehr fein gearbeiteten Stahlprismen und deren Lagerschalen sehr bald alteriert und damit die Präzision der Wage in Frage gestellt wird.

Auch die große Belastung des Warenträgers macht es fast unmöglich, eine empfindliche Abwägung auszuführen; bei einer beiderseitigen Belastung von 5—10 kg der Wage ist es bei der präzisesten Ausführung derselben nicht gut zu verlangen, eine Empfindlichkeit zu erzielen, wie sie bei so genauen Abwägungen erwünscht wäre.

3. Gewichtsbestimmung des Silberniederschlages mittels des Ampermessers. Eine annähernd genaue Methode, das niedergeschlagene Silber zu bestimmen, ist die Berechnung der Amperstunden mit Hilfe des Ampermessers, den man in den Badstromkreis einschaltet. Man muß, um

doch annähernd genau arbeiten zu können, dafür sorgen, daß der Badstrom konstant gehalten werde, und kann dann die im Kapitel »Quantitative Verhältnisse bei der Elektrolyse« bereits besprochene Methode anwenden, die hier nochmals kurz wiederholt werden soll.

Ist die im Ampermesser angezeigte Stromstärke i Amper und wird t Stunden lang Silber niedergeschlagen, so haben wir $i \times t$ Amperstunden zur Silberausscheidung verwendet.

Da nun eine Amperstunde 4,026 g Silber zur Ausscheidung bringt, so werden durch $i \times t$ Amperstunden

$$G = 4{,}026 \times i \times t \text{ g Silber}$$

niedergeschlagen werden.

Ist die Stromstärke i oder die Zeit t oder das Gewicht G gegeben, so sind die anderen Werte daraus berechenbar.

Beispiel: Wie lange müssen drei Dutzend Paar Eßbestecke (Löffel und Gabeln) im Bad hängen, damit auf das Dutzend Paar 50 g Silber niedergeschlagen werden, wenn die am Ampermesser abgelesene Stromstärke 15 A betrug?

Wir rechnen:

$$G = 4{,}026 \times 15 \times t.$$

G, das Silbergewicht, soll aber 150 g betragen, daher ist die zu bestimmende Zeitdauer t:

$$t = \frac{150}{4{,}026 \times 15} = \frac{150}{60{,}39} = 2{,}48 \text{ Stunden}$$

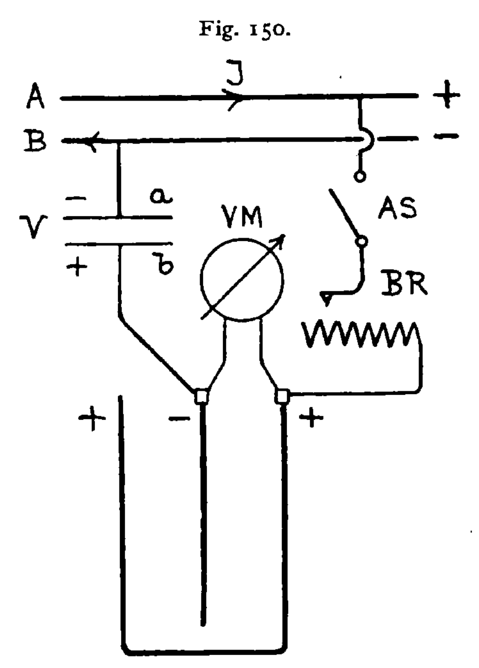
das sind rund $2^1/_2$ Stunden.

Diese Methode wäre wohl diejenige, welche am wenigsten Apparate und Arbeit verlangt, wird aber in den seltensten Fällen verwendbar sein, weil es in der Praxis wohl nie möglich ist, den Strom im Bad auch tatsächlich während der ganzen Niederschlagsdauer konstant zu erhalten. Infolge von Belastungsänderungen des Netzes im Bäderraum wird der Strom, selbst wenn er von einem Aggregat geliefert wird, wodurch Tourenzahlschwankungen ausgeschlossen sind, größeren oder geringeren Schwankungen unterworfen sein, und man müßte eine sehr komplizierte Registrierung der verschiedenen Stromstärken und der Zeitdauer deren konstanten Wirkung vornehmen, um die genaue Amperstundenzahl zu ermitteln. Man

kann diese Methode schon deswegen nicht empfehlen, weil sie eine nicht unbedeutende Arbeit fordert, sofern man genau arbeiten will, was ja namentlich dort, wo es sich um die Abscheidung größerer Silbermengen handelt, sicherlich gefordert wird.

4. Gewichtsbestimmung des Silberniederschlages mittels Dr. W. Pfanhausers voltametrischer Wage. Diese beruht auf der in der Elektrochemie gebräuchlichen Methode

Fig. 150.



Einschaltung des Voltameters in eine Badleitung.

der genauen Ermittlung des Gewichtes elektrolytischer Metallausscheidungen mittels des »Voltameters«, das ist ein Registrationsapparat für die in ein elektrolytisches Bad oder in einen anderen elektr. Stromkreis geschickten Amperstunden.

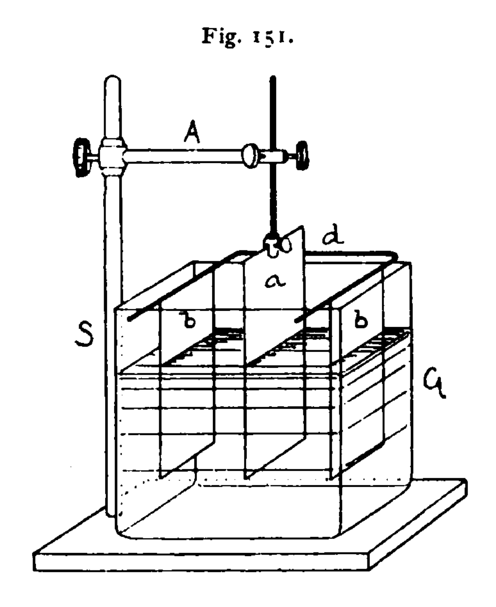
Dieser Apparat wird nach der nachstehenden Skizze eingeschaltet:

In Figur 150 ist AB die Hauptleitung, an welche die einzelnen Bäder angeschlossen sind, BR der Badstromregulator, AS ein Ausschalter, dessen Zweck später beschrieben wird; a und b sind die beiden Elektroden des Voltameters V.

Ein Teil des Gesamtstromes I, nämlich i (falls mehrere Bäder an die Hauptleitung angeschlossen sind) geht, nachdem der Hebel des Ausschalters AS eingelegt wurde, durch den Badstromkreis. Wir wissen aber, daß in einem Stromkreis die Stromstärke an allen Stellen desselben gleich ist, d. h. es fließt durch das Voltameter V derselbe Strom, in Amper gemessen, wie durch Bad und Stromregulator.

Die Konstruktion eines solchen Voltameters (man verwendete bisher das Kupfervoltameter, in neuerer Zeit dagegen

Fig. 151.



Kupfervoltameter.

das Bleivoltameter nach F. Fischer) soll vorerst kurz erklärt werden.

In einem Glasgefäß G, siehe Figur 151, das z. B. mit einer Lösung von

Wasser	1 l
Kupfersulfat	100 g
Schwefelsäure, konz.	50 g
Alkohol, absol.	20 g

gefüllt ist, sind die beiden positiven Kupferelektroden b, die durch eine Kupferleitung d miteinander verbunden sind, ein-

gehängt. An einem Stativ S, durch einen Arm A getragen, ist die negative Platte a zwischen den beiden Anodenplatten b beweglich angebracht. Wie Figur 151 zeigt, ist dieser Apparat in den Badstromkreis so eingeschaltet, daß die positiven Platten mit der Kathodenstange des Silberbades verbunden werden, die Anodenplatten jedoch mit der negativen Hauptleitung in Verbindung stehen.

Der Vorgang bei der Gewichtsbestimmung des niedergeschlagenen Silbers ist nun folgender:

Das Voltameter wird nach angegebener Art gefüllt und verbunden, nachdem die negative Platte vorher genau abgewogen wurde.

Der Ausschalter AS wird geschlossen, gleichzeitig werden die zu versilbernden Gegenstände rasch in das Bad eingehängt; der Strom beginnt seine Tätigkeit, fließt durch Bad und Voltameter, auf die Ware wird Silber, auf die negative Platte des Voltameters wird Kupfer niedergeschlagen.

Nach dem im Kapitel »Quantitative Verhältnisse in der Elektrolyse« Gesagten verhalten sich die Niederschlagsmengen von Kupfer und Silber wie ihre elektrochemischen Äquivalente; es verhält sich also die Menge ausgeschiedenen Kupfers, die man durch die Gewichtszunahme der negativen Platte bestimmt, zur Menge niedergeschlagenen Silbers wie 1,186:4,026.

War etwa die Gewichtszunahme der Platte a des Kupfervoltameters*) G Gramm, ist die fragliche Silbermenge X Gramm, so besteht die Proportion:

$$G : X = 1{,}186 : 4{,}026.$$

Daraus berechnet sich die Silbermenge X, welche gleichzeitig im Bad abgeschieden wurde, zu:

$$X = \frac{G \times 4{,}026}{1{,}186} = 3{,}4 \times G \text{ Gramm.}$$

Selbstredend verteilt sich diese Silbermenge auf alle im Bad hängenden Waren, daher ist es zweckmäßig, in ein Bad nur eine Sorte gleichartiger oder sämtliche zu einer voll-

*) Die Vergleichszahl 1,186 gilt nur bei Verwendung des Kupfervoltameters, für das Bleivoltameter ist diese Zahl: 3,859.

ständigen Garnitur gehörigen Waren einzuhängen und danach die auf eine gewisse Arbeitspartie entfallende Silbermenge zu bestimmen.

Will man, von einer bestimmten niederzuschlagenden Silbermenge ausgehend, die Dauer der Versilberung berechnen, so hat man die obige Proportion in der Weise abzuändern, daß man für die Silbermenge X, die aus der Anzahl der Objekte und der auf jedes einzelne Objekt abzuscheidenden Silbermenge als die totale Silbermenge G_1 zu berechnen ist, den Wert G_1 einsetzt.

Es ist dann die Kupfermenge y, die im Voltameter ausgeschieden werden muß, zu berechnen:

$$y : G_1 = 1{,}186 : 4{,}026.$$

Daher muß das Kupfer, das im Voltameter ausgeschieden werden muß:

$$y = \frac{G_1 \times 1{,}186}{4{,}026} = \mathbf{0{,}295} \times \mathbf{G_1} \text{ Gramm}$$

betragen.

Beispiel: Es sollen in einem Silberbad eine große Tasse und ein Dutzend Eßlöffel versilbert werden. Auf die Tasse wünscht man 50 g Silber niederzuschlagen, auf das Dutzend Eßlöffel sollen 70 g Silber niedergeschlagen werden.

Die totale Silbermenge beträgt daher

$$G_1 = 50 + 70 = \mathbf{120\ g.}$$

Die Versilberung muß so lange fortgesetzt werden, bis sich eine Gewichtszunahme der negativen Platte des Voltameters um

$$y = 120 \times 0{,}295 = \mathbf{35{,}3\ g}$$

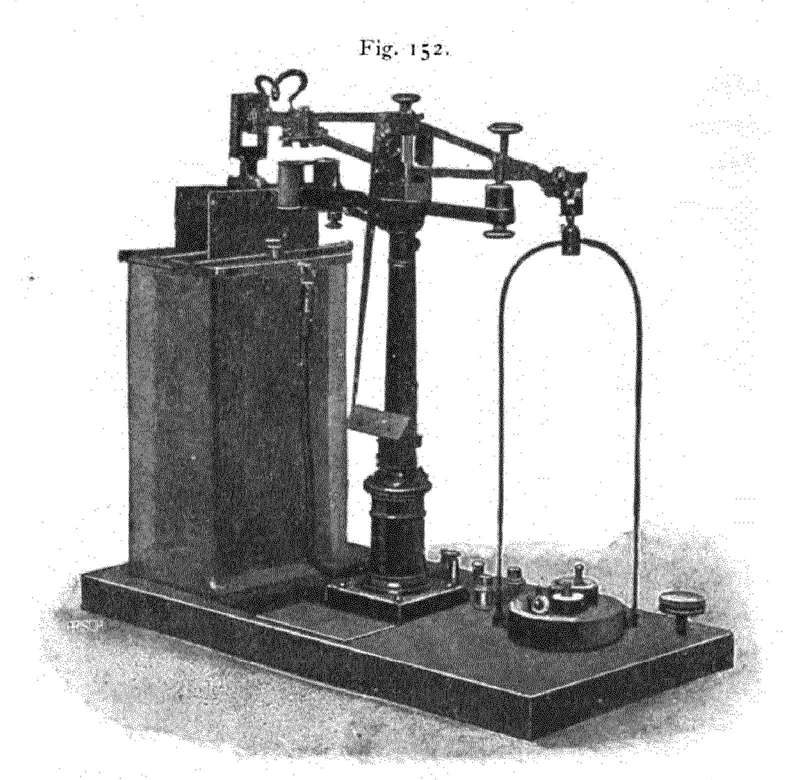
konstatieren läßt.

Man muß also bei dieser Methode die negative Platte mehrmals aus dem Voltameter nehmen, trocknen und abwägen, bis die gewünschte Gewichtszunahme erreicht ist.

Diese in elektrochemischen Laboratorien gebräuchliche Methode wird, der Umständlichkeit wegen, dem Praktiker wenig zusagen.

Um jedoch den unleugbaren Vorteil dieser sehr genauen Bestimmungsmethode für unsere Industrie praktisch zu verwerten, hat Verfasser die voltametrische Wage konstruiert, Fig. 152, mit welcher jede, auch die kleinste Niederschlagsmenge genau bestimmt werden kann, und zwar wie aus der

Fig. 152.



Dr. W. Pfanhausers voltametrische Wage für genaue Bestimmung des Gewichtes elektrolytischer Metallniederschläge.

nachfolgenden Erklärung ersichtlich ist, in ganz einfacher, leicht ausführbarer Weise.

Natürlich kann man das voltametrische Prinzip überall da anwenden, wo man mit einer genau bekannten Stromausbeute operieren kann. Dies trifft z. B. in den gebräuchlichen Silberbädern, die mit einer durchschnittlichen Stromausbeute von 99% arbeiten, zu. Ferner sind unter Beobachtung bestimmter Stromdichten auch bei Goldbädern, schließlich bei Nickelbädern und Zinnbädern besonders verläßlicher Zusammen-

setzung die Möglichkeiten für eine derartige Kontrolle der Stromarbeit, also der Niederschlagsmengen in den Bädern gegeben. Neuerdings wurde von F. Fischer das Bleivoltameter in Vorschlag gebracht und wegen des hohen elektrochemischen Äquivalents des Bleies, das sehr nahe an dem des Silbers liegt, sind die damit erzielten Genauigkeiten weit größer als bei der Verwendung des Kupfervoltameters. Da außerdem die Fischersche Zusammensetzung der Bleivoltameterlösung die Anwendung hoher Stromdichten zuläßt, so gestattet sie gleichzeitig, das Gefäß für die Voltameterlösung sehr zu reduzieren.

Die voltametrische Wage nimmt keinen großen Raum ein, läßt sich also leicht in der nächsten Nähe des Bades aufstellen; die dauernde Empfindlichkeit der Wage ist dadurch gesichert, daß einerseits deren Belastung nicht sehr bedeutend ist, und anderseits deren Prisma in Achat ruht.

Konstruktion und Anwendung der voltametrischen Wage. Bei der voltametrischen Wage wurde die negative Platte oder Platten des Voltameters auf die eine Seite eines Wagebalkens aufgehängt und die Gewichtsbestimmung, ohne die Platte des Voltameters herauszunehmen und trocknen zu müssen, direkt durch aufzulegende Gewichte auf die auf der anderen Seite des Wagbalkens angebrachte Wagschale ausgeführt.

Durch eine in geeigneter Weise verbundene elektrische Klingel ist es möglich, dem Elektroplattierer durch das ertönende Signal anzuzeigen, daß die verlangte Menge Silber auf die Objekte im Bad abgeschieden worden ist; der Apparat ist so konstruiert, daß gleichzeitig die Stromzuleitung zum Bad unterbrochen wird, unterstützt durch einen Elektromagnet, der den Wagebalken sofort energisch zum Kippen bringt, wenn der Wagebalken die Nullstellung erreicht.

Die voltametrische Wage wird derart in die Badleitung eingeschaltet, daß der Badstrom den Apparat in der aus Figur 153 ersichtlichen Weise in der Pfeilrichtung durchfließt. An der Klemmschraube K wird die von der positiven Hauptleitung kommende Badleitung festgeklemmt, die mit dem an der Säule T angebrachten Arm B und dem Quecksilbernapf N

Kontakt hat. Der Wagbalken W trägt einen Stift C und eine Wagschale auf der einen Seite, auf der anderen Seite die Kathoden a des Voltameters und den Anker A zum Hilfsmagnet M.

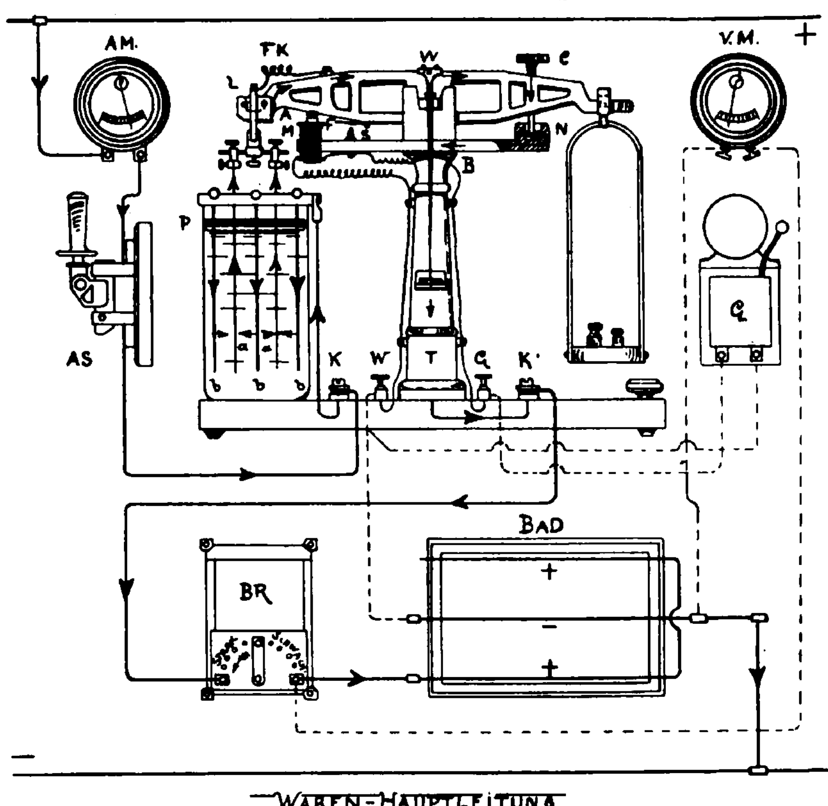
Nachdem die Wage aufgestellt ist, wird der Wagebalken durch kleine Tariergewichte, welche den Kathoden a das Gleichgewicht halten, eingestellt; es steht dann der Zeiger auf dem Nullpunkt der Gradskala. Man reguliert nun mittels des Schraubenstiftes C so lange, bis dieser bei der Nullstellung des Zeigers gerade die Quecksilberoberfläche im Napf N berührt, wobei zu beachten ist, daß man bei dieser Einstellung unbedingt den Stromkreis mittels des Ausschalters AS unterbrochen halten muß. Man erfaßt praktischerweise bei dieser Einstellung den Zeiger mit der linken Hand und hält ihn in der Nullstellung fest. Mit der rechten Hand wird hierauf der Anschlagstift S so weit verstellt, daß er eben den Platinkontakt der Feder F berührt, sanft anliegt. Man kontrolliert jetzt die Richtigkeit der Einstellung, indem man den Stromkreis schließt und durch Einlegen des Ausschalterhebels bei AS muß bei der Nullstellung des Zeigers gerade die Klingel ertönen und der Wagebalken vom Elektromagnet M angezogen werden. Durch leises Abdrücken der Feder F vom Kontaktstift S läßt der Magnet den Anker A sofort wieder los. Man hüte sich davor, den Elektromagnet durch Herabdrücken der rechten Balkenseite gewaltsam außer Wirkung bringen zu wollen, weil dadurch die Wage verrissen wird und auch leiden muß.

Es ist ferner darauf zu achten, daß die Berührung der Feder F und des Stiftes S in dem Augenblicke erfolgt, als der Zeiger die Nullstellung erreicht; stimmt eine vorgenommene Probe bei Beobachtung des Läutewerkes noch nicht, dann ist die Stellung der Stellschraube S dementsprechend zu korrigieren.

Nachdem man die Wage so eingestellt hat, legt man auf die Wagschale das aus den nachstehenden Tabellen entnehmbare Gewicht, worauf der Stift C in das Quecksilber eintaucht und nun Strom durch das Bad fließt. Sobald das Äquivalent an Metall auf den Platten ausgeschieden ist, hebt sich der

Wagebalken W auf der Wagschalenseite und sobald er die horizontale Lage erreicht hat, also der Zeiger durch den Nullpunkt der Gradskala geht, wird der Kontakt bei C unterbrochen, gleichzeitig jener zwischen dem Stift S und der Feder F hergestellt, der Elektromagnet tritt in Wirksamkeit,

Fig. 153.



Schematische Darstellung der voltametrischen Wage und deren Einschaltung.

so daß die linke Seite des Wagebalkens mit einem Ruck gesenkt wird, während gleichzeitig das Signal zum Tönen kommt.

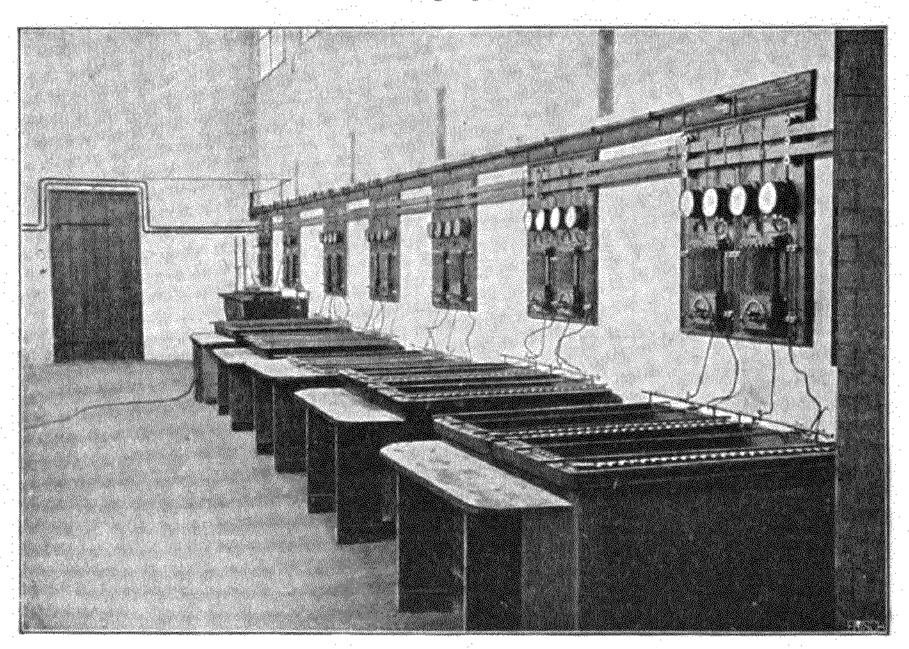
Die elektrische Klingel G wird mit der Hauptleitung verbunden, wie dies in der Figur 153 gezeichnet ist.

Wenn man nicht die Serienschaltung der Silberbäder anwendet (sofern also nicht jedes Bad mit der gleichen Waren-

fläche und gleichartiger Ware beschickt wird), muß natürlich jedes Silberbad seine eigene Wage erhalten, doch ist es nach dem Vorhergesagten durchaus nicht erforderlich, daß diese Wagen direkt an den zugehörigen Bädern oder in ihrer unmittelbaren Nähe aufgestellt werden, vielmehr wird es vorteilhaft sein, um die Kontrolle der Niederschlagsmengen durch einen speziellen Mann zu bewirken, die sämtlichen Wagen in



Fig. 154.



Silberbäder mit Leitungsanlage für voltametr. Wagen.

einem vom Bäderraum abgesonderten Raume aufzustellen. Man bedient sich dann praktischerweise eines Springtableaus, das die Nummer desjenigen Bades anzeigt, welches seine Niederschlagsarbeit wunschgemäß beendigt hat. Eine derartige Einrichtung ist in den zwei Abbildungen, Figur 154 und 155 ersichtlich gemacht. Figur 155 stellt den separaten Wagenraum dar und Figur 154 den zugehörigen Bäderraum.

Die Idee des Verfassers, der Technik ein brauchbares Hilfswerkzeug zu schaffen, hat verschiedene Leute veranlaßt, etwas Ähnliches für den gleichen Zweck zu schaffen, und sei an dieser

Stelle die voltametrische Wageeinrichtung von Dr. Heinrich Paweck und Dr. Walter Burstyn*) genannt.

Tabelle für Gewichtsbestimmung des Silberniederschlages mittels der voltametrischen Wage unter Anwendung des Kupfervoltameters.)**

Wenn ausgeschieden werden sollen g Silber	müssen nach Tarierung auf der Wagschale aufgelegt werden g Gewichte
1	0,259
2	0,518
3	0,777
4	1,036
5	1,295
10	2,590
20	5,180
30	7,770
40	10,360
50	12,950
100	25,900

Durch Addition der einzelnen Zahlen lassen sich selbstredend alle anderen in der Tabelle nicht angegebenen Werte finden; so kann man das Gewicht berechnen, welches auf die Wagschale aufzulegen ist, um 45 g Silber niederzuschlagen. Man addiert hierzu die Werte für 40 und 5 und erhält

$$10{,}360 + 1{,}036 = \mathbf{11{,}396}\ \text{g}$$

Beispiel: Wieviel Gramm sind nach Tarierung auf die Wagschale aufzulegen, wenn in dem betreffenden Bad, in dessen Stromkreis die voltametrische Wage eingeschaltet ist, drei Dutzend Eßlöffel, das Dutzend mit 42 g versilbert werden sollen?

---

*) Pfanhauser, Die Galvanoplastik, Monographie über angewandte Elektrochemie, Seite 84.

**) Angenommen ist dabei ein spez. Gewicht der angewendeten Kupfervoltameterlösung bei 18° C = 1,137.

1 Dutzend	Eßlöffel	brauchen	42 g Silber
3 „	„	„	126 g „

Aus der Tabelle ist zu entnehmen, daß für

100 g Silber	25,900 g Gewicht
20 g „	5,180 g „
5 g „	1,295 g „
1 g „	0,259 g „

Mithin für **126 g Silber 32,634 g** Gewicht auf der Wagschale nach Tarierung aufzulegen sind.

Tabelle für Gewichtsbestimmung des Silberniederschlages mittels der voltametrischen Wage unter Anwendung des Bleivoltameters.*)

Wenn ausgeschieden werden sollen g Silber	müssen nach Tarierung auf der Wagschale aufgelegt werden g Gewichte
1	0,874
2	1,748
3	2,622
4	3,496
5	4,370
10	8,740
20	17,480
30	26,220
40	34,960
50	43,700
100	87,400

Man ersieht mit Leichtigkeit beim Vergleich dieser Tabelle und der auf Seite 527 angegebenen, daß man z. B., um ebenfalls 126 g Silber zu kontrollieren, folgendes Gewicht auf die Wagschale legen muß, wenn man mit dem Bleivoltameter arbeitet:

*) Angenommen ist dabei ein spez. Gewicht der angewendeten Bleivoltameterlösung bei 18° C = 1,1.

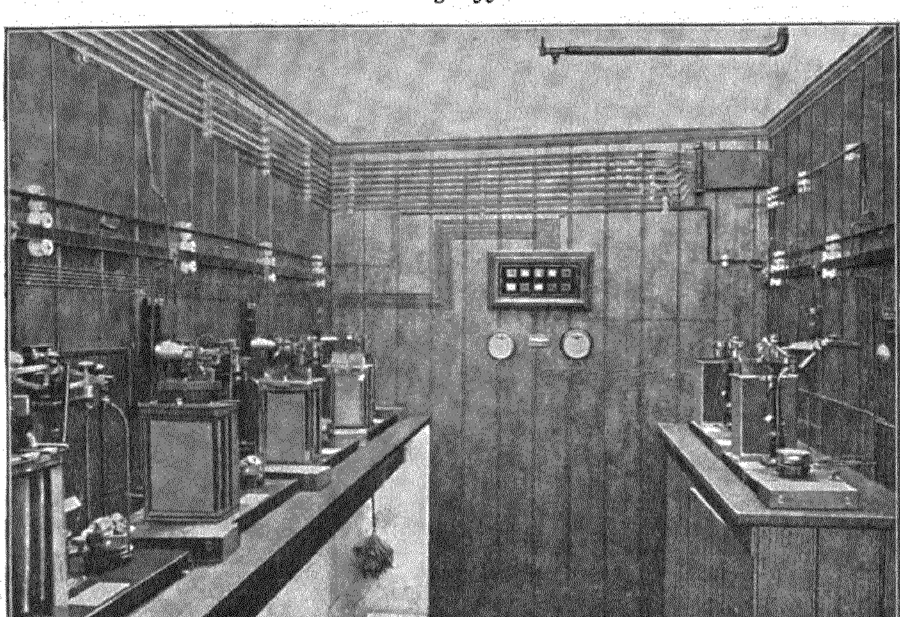
100 g	Silber	entsprechen	87,400 g	Gewicht
50 g	„	„	17,480 g	„
5 g	„	„	4,370 g	„
1 g	„	„	0,874 g	„

Mithin sind

für **126 g Silber** **110,124** g Gewicht

nach erfolgter Tarierung auf der Wagschale aufzulegen. Es sind dies fast $3^1/_2$ mal so viel Vergleichsgewicht wie beim

Fig. 155.



Wagenzimmer für voltametrische Wagen.

Kupfervoltameter, und naturgemäß ist die dabei erreichbare Genauigkeit noch viel größer.

Gewöhnliche solide Versilberung. Luxusartikel, Kunstobjekte, überhaupt Dekorationsgegenstände, Bijouteriewaren und Ähnliches pflegt man des besseren Aussehens wegen zu versilbern. Erstere werden vielfach aus Zink oder Eisen verfertigt, diese müssen, wie bekannt, vorher verkupfert oder vorteilhafter vermessingt werden.

Die Manipulation bei dieser Art der Dekorationsversilberung ist ganz die gleiche wie jene der Starkversilberung, nur ist

die Versilberungsdauer kürzer, wird selten über eine halbe Stunde ausgedehnt, ganz billige Waren pflegen sogar nur einige Minuten versilbert zu werden. Selbstredend kann auch das silberreiche Bad, wie es bei der Starkversilberung verwendet wird, benutzt werden, wenn solches schon vorhanden ist, aber es genügt auch eine weniger silberreiche Lösung, und meist wird solche gewöhnlich mit einem Gehalt von 10 g Feinsilber im Liter verwendet.

Verwendet man das L.-P.-W.-Silberdoppelsalz mit 30% Feinsilber, so genügt zum Ansetzen von 1 l Bad ca. 35 g dieses Doppelsalzes gemäß nachstehender Vorschrift:

L.-P.-W.-Silberbad zur leichten Versilberung.

Wasser	1 l
Silberdoppelsalz L.-P.-W.	35 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . . 1,4 Volt
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . 0,46 „
Stromdichte . . . 0,3 Amper
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: $2^1/_2$° Bé
Spez. Badwiderstand: 3,15 Ω
Stromausbeute: 99%.

Man kann aber auch für diese leichte Versilberung die Bäder aus Cyansilber oder Chlorsilber anwenden, und sei nachstehend das Bad aus Chlorsilber angeführt.

Das Silberbad für gewöhnliche, solide Versilberung hat die Zusammensetzung:

Wasser	1 l
Feinsilber als Chlorsilber	10 g
Cyankalium 100%	20 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . . 1,5 Volt*)

*) Obige Badspannung: 1,5 Volt gilt für gleiche Elektrodenflächen; wenn aber, wie es aus Sparsamkeit vorkommt, eine kleinere Anodenfläche als die Warenfläche eingehängt wird, so ist die Badspannung zu erhöhen, um die normale Stromdichte einzuhalten. Ist etwa die Anodenfläche nur ein Drittel so groß als jene der Ware, so ist die Badspannung auf 2 Volt zu erhöhen. Bei Verwendung kleiner Anodenflächen fällt die Versilberung leicht ungleich aus, es muß deshalb, um die

Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . **0,5 Volt**
Stromdichte . . . . **0,3 Amper**
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: $2^1/_2$° Bé
Spez. Badwiderstand: 3,5 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,035
Stromausbeute: 99%
Niederschlagstärke in 1 Stunde: 0,0115 mm.

Die Bereitung dieses Silberbades ist analog jener bei der Starkversilberung (Chlorsilberbad) Seite 490, nur sind die hier vorgeschriebenen Gewichtsverhältnisse einzuhalten.

Als Anoden werden ausschließlich nur Feinsilberplatten nicht unter 1 mm stark verwendet und diese ebenso wie bei der Starkversilberung mittels Streifen aus Feinsilberblech mit Silbernieten angenietet eingehängt.

Die von manchen Praktikern verwendeten Platinanoden sind in mehrfacher Beziehung unzweckmäßig; es leuchtet ein, daß bei Verwendung solch unlöslicher Anoden die Lösung an Metallsalz verarmen und solches in kurzen Zwischenräumen immer wieder zugeführt werden muß. Ferner können Platinanoden wegen des hohen Preises dieses Metalles nur in ganz kleinen Flächen zur Verwendung kommen, wodurch die Stromverhältnisse vollständig verändert werden, insbesondere die Badspannung ganz bedeutend erhöht werden müßte.

Der Silberniederschlag fällt immer matt aus, auch wenn die Versilberungsdauer nur ganz kurze Zeit währt, es ist daher unvermeidlich, die versilberten Waren blank zu kratzen. Wie schon bekannt, verwendet man dazu Kratzbürsten aus Messingdraht, und zwar wird man bei ganz leichter Versilberung einen sehr feinen Draht, etwa 0,05 bis 0,1 mm wählen, um die schwache Versilberung nicht durchzukratzen, bei stärkerer Versilberung, die mit einer Versilberungsdauer von etwa 15 bis 30 Minuten hergestellt wurde, können Drahtstärken von 0,1 bis 0,15 mm verwendet werden.

Streuung im Bad zu begünstigen, die Elektrodenentfernung vergrößert und auch die Badspannung für je 5 cm Vergrößerung der Elektrodenentfernung um 0,5 Volt erhöht werden.

Es kommt vielfach vor, daß der Matteffekt des Silberniederschlages erhalten bleiben soll; in diesem Fall ist selbstverständlich ein Blankkratzen ausgeschlossen und wird gewöhnlich mit farblosem Alkohollack (sog. Konservierlack) gedeckt, um dieses sehr empfindliche Mattsilber gegen die schädliche Einwirkung der Atmosphärilien zu schützen.

Das Polieren der Versilberung mit dem Stahl oder Blutstein wurde bereits bei der Starkversilberung besprochen.

Über die Versilberung durch Kontakt, Eintauchen oder Anreiben siehe das spezielle Kapitel weiter hinten.

Oxydierung auf Silber. Es kommt häufig vor, daß sowohl Echtsilberwaren als auch elektrolytisch versilberte Artikel teilweise oder vollständig oxydiert werden; das ist das bekannte grauschwarze oder bläulichschwarze »Oxyd«, welches man durch Schwefelung des Silbers auf folgende Art erhält:

Die vorher durch Abbürsten mit Spiritus und Weinstein mit Wasser wohlgereinigten Echtsilberobjekte oder elektrolytisch versilberten Artikel taucht man in folgende kochende Lösung:

Wasser	1 l
Schwefelleber	25 g
kohlensaures Ammoniak	10 g

und zwar so lange, bis die Versilberung schön blauschwarz angelaufen ist.

Die Schwefelleber wird vorher zerstoßen, damit sie sich leichter auflöst. Überdies beschleunigt man die Auflösung durch fleißiges Umrühren.

Obige Zusammensetzung des Oxydbades erzeugt eine recht schöne, tiefschwarze Oxydierung, erfordert jedoch eine sehr solide, vorherige Versilberung. Ist die Versilberung zu schwach, so würde anstatt einer Oxydierung die Versilberung wieder abgehen. In diesem Falle müßte man das Oxydbad mit Wasser bedeutend verdünnen; die Farbe der Oxydierung fällt aber dann weniger schwarz aus, mehr grau, und wird um so heller bis stahlgrau, je schwächer die Versilberung und je mehr das Oxydbad mit Wasser verdünnt war.

Eine andere ältere Zusammensetzung des Oxydbades ist folgende: Gestoßene Schwefelleber und Salmiakgeist zu

gleichen Teilen werden in einer verstopften Flasche an einem warmen Orte aufbewahrt und öfters geschüttelt.

Bei Bedarf gießt man davon eine entsprechende Menge in kochend heißes Wasser, diese Lösung dient als Oxydlösung.

Am bequemsten oxydiert man mit dem flüssigen Schwefelammonium, welches wohlverstopft in Vorrat gehalten werden kann; im Moment des Bedarfes gießt man in

Wasser	1 l
Schwefelammonium	25—50 g

und taucht die versilberten Gegenstände in diese kochend heiß gemachte Flüssigkeit.

Eine solide Oxydierung hält das Kratzen mit feinen Kratzbürsten und Seifwurzelwasser sowie auch das Polieren mit Stahl oder Stein recht gut aus; es ist dies sogar von Vorteil, wenn glänzende Oxydierung gewünscht wird.

Die Oxydierungslösung muß öfters erneuert werden; sie zersetzt sich bald und erzeugt dann ein unschönes, wenig haltbares Oxyd.

Eine mißlungene Oxydierung ist in erwärmter Cyankaliumlösung leicht wieder abzunehmen.

Altsilber. Für gewisse versilberte oder wirkliche Silberartikel ist es oft wünschenswert, ihnen das Aussehen von altem Silber zu geben. Es ist dies namentlich bei Figuren, Vasen, Leuchtern und Luxusartikeln, bei wirklichen oder nachgeahmten Kunstgegenständen, Antiken-Imitationen etc. der Fall, seltener bei Bijouterieartikeln.

Um ein versilbertes oder wirkliches Silberobjekt alt zu machen, ist folgender Vorgang der einfachste: Man reibt guten Graphit und Terpentingeist zu einem dünnen Brei an, bestreicht das Objekt damit und läßt trocknen. Man kann auch etwas gemahlenen Blutstein oder roten Ocker beimischen, wenn man den charakteristischen kupferigen Stich alter Silberobjekte nachahmen will. Nach der Trocknung bürstet man ab, um diejenigen Partien des Anstriches zu entfernen, welche nicht gut haften. Mit einem in Spiritus oder Alkohol getauchten Lappen werden namentlich alle hervorspringenden Stellen

bloßgelegt und überhaupt nach Geschmack und Belieben des Manipulierenden nuanciert.

Noch einfacher erzielt man diesen Effekt, wenn man die Silber- oder stark versilberten Objekte auf die Seite 532 beschriebene Weise oxydiert, und zwar nicht ganz ausoxydiert, sondern nur bläulich anlaufen läßt, das Oxyd dann mit einer scharfen Bürste mit feinem Bimssteinpulver oder Rohweinstein mit Wasser teilweise wieder abnimmt. Auf diese Weise werden namentlich die Bijouterieartikel, Metallknöpfe, Gürtel- und Taschenschließen, Albumbeschläge etc. in großen Massen erzeugt; ganz kleine Artikel werden anstatt des Abbürstens nach dem Oxydieren in Leinensäcken mit Sägespänen so lange gescheuert, bis der gewünschte Altsilberton erreicht ist.

Auch das später angegebene Arsenbad dient oft dazu, solche Altsilberfärbungen herzustellen. Das Arsenbad hat den ganz nennenswerten Vorteil, daß man nicht eine chemische Reaktion auf das Silber einwirken lassen muß, wodurch, wie z. B. bei der Behandlung mit Schwefelleber oder Schwefelammonium, die reine Silberschicht, wie sie auf elektrolytischem Wege hergestellt wurde, stark angegriffen wird. Schwache Silberniederschläge halten gegen derartige chemische Einwirkungen nicht stand, und es geschieht nur zu leicht, daß dünne Silberniederschläge bei der Oxydation mit derartigen Präparaten ganz aufgezehrt werden, bis schließlich das Grundmetall zum Vorschein kommt.

Besonders unangenehm fühlbar wird dies bei billigen Waren, die nur hauchdünn versilbert werden, und für solche sind die »Oxydierungen« mit auf elektrolytischem Wege aufgetragenen, dunkel gefärbten Niederschlägen, wie die des Arsens oder die durch »Schwarzvernicklung«, außerordentlich beliebt. Das Arsenbad eignet sich besonders für hellere Altsilberfärbungen, während das »Schwarznickel matt« und das Nigrosinbad (siehe daselbst!) kräftigere Töne hervorbringen.

Die dunkelsten Töne werden mit einer alkoholischen Platinchloridlösung erzeugt, mit welcher meist nur ganz stark versilberte oder echte Silbergegenstände behandelt werden. Um ein feinkörniges tiefes Schwarz zu erhalten (Platinmoor),

setzt man mitunter Jodide zu — auch kann man elektrolytisch einen solchen Platinschwarz-Überzug erhalten.

Niederschläge von Silberlegierungen. Der Wunsch nach einem härteren Silberniederschlag veranlaßte verschiedene Galvanotechniker, Badzusammensetzungen zu konstruieren, mit denen es ermöglicht werden sollte, Legierungen von Silber mit härteren Metallen elektrolytisch abzuscheiden. Am naheliegendsten war die Legierung mit Nickel, schon wegen der schönen, dem Silber ähnlichen weißen Farbe des Nickels. Selbstredend war man an die Verwendung des Nickelcyanürs gebunden, wenn man von cyankalischen Silberbädern ausging. Jedoch ist es sehr schwierig, einen nennenswerten Gehalt von Nickel in den Silberniederschlag hineinzubringen, und wenn sich auch schon Nickel mit abscheidet, dann erscheint der Niederschlag unschön dunkel und läßt sich nicht entfernt mit dem reinen Ton der normalen Versilberung vergleichen.

Weit bessere Resultate erhält man, wenn man dem cyankalischen Silberbad Zusätze von Cyanzinkkalium oder Cyankadmiumkalium macht. Die London Metallurgical Company erhielt hierauf ein Patent, und sie nannte ihr darauf basiertes Verfahren: Arcas-Versilberung. Nach der Patentschrift soll der Silberniederschlag 25 % Zink oder Kadmium enthalten, und es soll das Silber mit diesem Gehalt an Kadmium nicht mehr anlaufen und sehr hart sein. Als Anoden sollen die fertigen Legierungen von Silber mit Zink oder Kadmium im richtigen Verhältnis, wie sie der Niederschlag enthalten soll, dienen. Beim Nachprüfen durch den Verfasser stellte sich aber heraus, daß diese Legierungen nur sehr schwierig gleichartig zu erhalten sind, und sie haben sich daher aus demselben auch gar nicht in die Technik einführen können.

Vergolden.

Die Feuervergoldung ist eines der ältesten Verfahren, um Metalle mit Gold zu überziehen, und wird in der Weise ausgeführt, daß man Gold in feinst verteiltem Zustande mit Quecksilber schüttelt, wodurch man Goldamalgam erhält, das mittelst

Metalldrahtpinsel auf die vorher wohlgereinigten und verquickten Gegenstände aufgetragen wird. Der Gegenstand wird dann über Kohlenfeuer mäßig erwärmt, um das Quecksilber abzurauchen; das zurückbleibende Gold haftet auf der Metallfläche fest und wird durch Kratzen und Polieren mit Stahl oder Blutstein brillantiert.

Die Feuervergoldung ist zwar sehr solid, aber kostspielig, weil dabei nebst Quecksilber auch viel Gold verbraucht wird, ist daher nur für einzelne, besonders kostbare Objekte verwendbar, bei denen der Preis keine Rolle spielt.

Wegen der eminenten Schädlichkeit der Quecksilberdämpfe wird die Feuervergoldung nur noch vereinzelt ausgeübt, und sei hier bemerkt, daß sie gegen die heutige elektrolytische Vergoldung gar keinen Vorteil bietet, da mit dieser ebenso solid und dauerhaft vergoldet werden kann (ja sogar noch viel solider, ganz nach Belieben und entsprechend dem dafür bestimmten Preise), es hängt ja nur von der »Vergoldungsdauer« ab, wie stark man den Goldüberzug haben will. Der vielfach gehörte Vorwurf, daß die alte Feuervergoldung solider und haltbarer sei als die moderne elektrolytische Vergoldung, ist daher ein Vorurteil.

Je nach der Art der Ausführung unterscheiden wir drei moderne Vergoldungsmethoden:

1. die elektrolytische Vergoldung,
2. die Kontaktvergoldung und
3. die Eintauch- oder Sudvergoldung.

Messing, Bronze, Kupfer, Neusilber und alle anderen kupferhaltigen Metallegierungen lassen sich direkt vergolden; auch Eisen, Stahl und Nickel können mit einiger Übung direkt vergoldet werden, man pflegt sie aber meist des sicheren Gelingens wegen vorher zu verkupfern oder zu vermessingen, letzteres ist als goldähnliche Unterlage vorzuziehen. Zink, Zinn, Blei, Britannia und ähnliche Weichmetalle werden zumeist vorher verkupfert oder vermessingt.

Die Vergoldung spielt besonders in der Silber- und Chinasilberwaren-Industrie eine große Rolle; es empfiehlt sich, silberne oder versilberte Objekte vor dem Vergolden zu ver-

messingen, wenn nicht die Absicht besteht, sehr stark zu vergolden, weil der Silbergrund einer schwachen Golddecke leicht einen grünlichgelben Ton verleiht anstatt des gewünschten satten Goldgelb. Für billige Artikel, deren Preis durch eine starke Vergoldung alteriert würde, ist die vorherige Vermessingung ein Aushilfsmittel.

Das »Verquicken« vor dem Vergolden wird von manchen Praktikern ausgeübt, ist aber nur bei sehr starker Vergoldung mit Strom zu empfehlen. Die Manipulation ist ganz dieselbe wie beim Versilbern.

Die elektrolytische Vergoldung, das ist die Vergoldung mit äußerer Stromquelle, wird teils in kalten, teils in warmen Bädern ausgeführt; in der großen Massenfabrikation kleiner Artikel wird man das Vergolden wohl ausschließlich nur in warmen Bädern ausführen, weil der Niederschlag brillanter, feuriger und rascher ausfällt. Kalte Bäder wird man meist nur für sehr große Objekte verwenden, welche große geräumige Bäder erfordern, deren Erwärmung Schwierigkeit macht. Das Vergolden in warmen Bädern hat den großen Vorteil, daß mit geringeren Badspannungen gearbeitet werden kann, was insbesondere in der Versilberungsindustrie erwünscht sein wird, in der meist Stromquellen mit niederer Spannung zur Verwendung kommen. Warme Goldbäder schlagen übrigens weit rascher nieder und erfordern einen kleineren Gehalt an Gold in der Lösung als die kalten Bäder. Mitunter aber ist die langsame Niederschlagarbeit sogar erwünscht, und so lassen sich begreiflicherweise keine Normen geben, wo man das eine und wo man das andere Verfahren in Anwendung bringen soll.

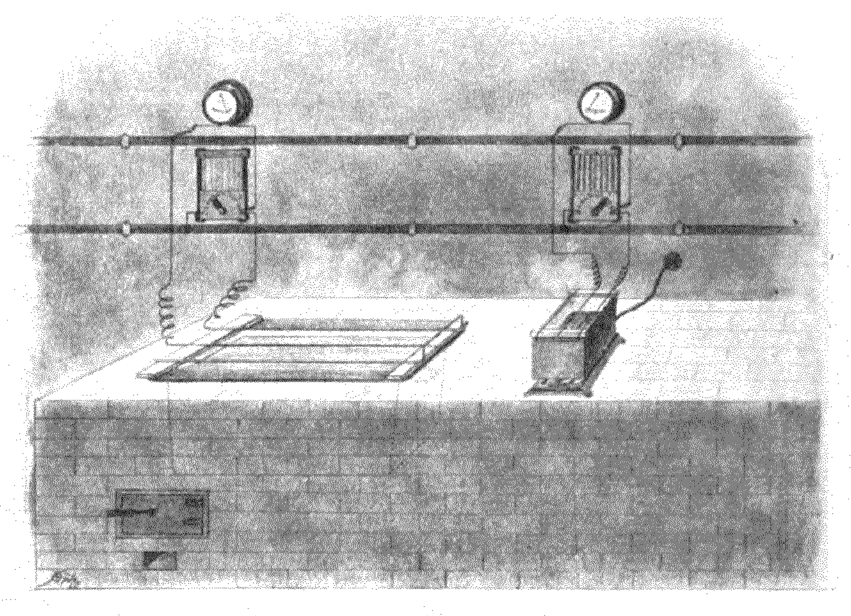
Die elektrolytische Vergoldung in warmen Bädern. Die Temperatur der Lösungen beträgt normal 50° C, und sei von vornherein darauf aufmerksam gemacht, daß diese einzuhalten ist, wenn die bei den Rezepten angegebenen elektrolytischen Daten Geltung haben sollen; einige Grade, etwa bis 5° Unterschied werden keine fühlbaren Änderungen herbeiführen, aber bei wesentlicher Erhöhung der Temperatur wird die Badspannung geringer sein müssen, bei niederer höher.

Als Badbehälter empfehlen sich länglich viereckige, emaillierte Eisenwannen (mit alkalibeständiger Emaille versehen),

in denen die Lösung mittelst einer regulierbaren Heizvorrichtung auf der erforderlichen Temperatur erhalten wird. Kleine Bäder wird man mittelst Gasfeuerung, größere mittelst Herdfeuerung erwärmen, siehe Figur 156.

Weil bei dieser erhöhten Temperatur das Wasser rascher verdampft, so ist selbstredend von Zeit zu Zeit das verdun-

Fig. 156.



Vorrichtung zur Warmvergoldung.

stete Wasser zu ersetzen und so das Badniveau auf gleicher Höhe zu erhalten. Die Ware wird vorteilhaft während des Vergoldens bewegt, damit die Lösung in der Umgebung der Ware nicht ungleichmäßig verarmt, weil sonst der Ton des Goldniederschlages leicht verschieden ausfällt. Goldbäder sollen außerdem gut leitend erhalten werden, damit auch in den Tiefen profilierter Objekte der Goldton gleichmäßig wird. Viele Vergolder setzen daher ihren Bädern gutleitende Salze wie etwa Cyankalium oder Ätznatron, Soda, phosphorsaures

Natron usw. zu. Es genügt im allgemeinen ein Zusatz von 10 g solcher Salze pro Liter, um diese Wirkung zu erreichen.

Warme Goldbäder. Ein altbewährtes Goldbad für solide Warmvergoldung aller Metalle zur Erzielung eines feurigen, brillant hohen Goldtones ist folgendes:

I.	**Wasser**	**1 l**
	Phosphorsaures Natron	**50 g**
	Cyankalium 100 %	**1 g**
	Chlorgold	**1,5 g**

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . **1,8 Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . **0,12 „**
Stromdichte . . . . **0,1 Amper**
Badtemperatur: 50° C
Konzentration: 4° Bé
Spez. Badwiderstand: 2,35 *Ω*
Temperaturkoeffizient; 0,0136
Stromausbeute: 95 %
Theoretische Niederschlagsmenge per Amperstunde: 3,68 g
Niederschlagstärke in 1 Stunde: 0,00184 mm.

Als Anoden sind Goldanoden zu verwenden, die Anodenfläche 1/3 so groß als die Warenfläche.

Bei Verwendung von Kohlenanoden gelten ungefähr die gleichen Stromdaten, aber nur wenn deren Fläche ebensogroß ist als jene der Ware, der Goldton fällt aber in diesem Fall etwas dunkel aus; wird ein hellgoldgelber Ton gewünscht, so ist die Fläche der Kohlenanoden auf 1/3 zu verkleinern, doch ist dann die Badspannung auf 2,8 Volt zu erhöhen.

Handelt es sich um direkte Vergoldung von Eisen und Stahl, so deckt man bei Beginn mit einer Badspannung von 2 Volt (15 cm Elektrodenentfernung) bei einer Stromdichte von 0,15 Amper und ändert die Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung um 0,19 Volt; nach fünf Minuten schwächt man den Strom bis auf die normalen Stromverhältnisse ab. Das Bad ist demnach zur direkten Vergoldung von Eisen und Stahl gut verwendbar.

Für ganz leichte Vergoldung billiger Ware dient folgende Zusammensetzung:

II.	Wasser	1 l
	Phosphorsaures Natron	30 g
	Cyankalium 100 %	0,6 g
	Chlorgold	0,9 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . 2,6 Volt
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . 0,12 „
Stromdichte . . . 0,1 Amper
Badtemperatur: 50° C
Konzentration: $2^1/_2$° Bé
Spez. Badwiderstand: 3,35 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0156
Stromausbeute: 90 %
Theoretische Niederschlagsmenge per Amperstunde: 3,68 g
Niederschlagstärke in 1 Stunde: 0,00174 mm.

Als Anoden sind Goldanoden zu verwenden, die Anodenfläche $^1/_3$ so groß als die Warenfläche.

Bei Verwendung von Kohlen- oder Platinanoden mit einer Fläche gleich $^1/_3$ jener der Ware ist die Badspannung auf 3,5 Volt zu erhöhen.

Eine bei älteren Praktikern sehr beliebte Zusammensetzung »ohne Cyankalium« ist:

III.	Wasser	1 l
	Gelbes Blutlaugensalz	15 g
	Kohlensaures Natron, kalz.	15 g
	Chlorgold	2,65 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . 2,1 Volt
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . 0,1 „
Stromdichte . . . 0,1 Amper
Badtemperatur: 50° C
Konzentration: $3^1/_2$° Bé
Spez. Badwiderstand: 1,83 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,017

Stromausbeute: 95 %
Theoretische Niederschlagsmenge per Amperstunde: 2,453 g
Niederschlagstärke in 1 Stunde: 0,00123 mm.

Diese Lösung wird gern zur Vergoldung emaillierter Metallwaren verwendet, weil bekanntlich Emaille in cyankalischen Bädern leicht abspringt; auch mit Lack gedeckte (ausgesparte) Objekte vergoldet man lieber in diesem Bad, weil der Lack darin nicht so bald angegriffen (gehoben) wird. Der Goldton fällt sehr schön brillant aus, insbesondere auf matten Flächen. Die Verwendung von Goldanoden ist ganz zwecklos, weil sie sich in diesem Bad nicht lösen; man bedient sich daher nur der Plain- oder billiger der Kohlenanoden, die Anodenfläche 1/8 so groß als die Warenfläche.

Dieses Bad liefert einen dunkelgelben Goldniederschlag und wird daher häufig zu einem besonderen Effekt verwendet, indem silberne oder versilberte Gegenstände darin vergoldet werden, um mittelst Kratzbürsten nachher das Gold von den erhabenen Stellen wieder zu entfernen. Das Gelbgold bleibt dann in den Tiefen sitzen, was den Gegenständen einen eigenartigen antiken Charakter gibt.

Die elektrolytische Vergoldung in kalten Bädern. Die Vergoldung in kalten Bädern wird, wie schon erwähnt, nur in Fällen angewendet, wo es sich um die Vergoldung sehr großer Objekte handelt, oder auch dann, wenn die Gegenstände eine Erwärmung nicht vertragen. Metallgegenstände, welche behufs Überziehung mit mehreren Niederschlägen mit Lack oder sonst einem Deckmittel gedeckt (ausgespart) werden, wird man besser in kalten Bädern vergolden, weil kalte cyankalische Lösungen den Lack nicht so rasch angreifen und heben als warme. Ebenso wird man die Vergoldung emaillierter Metallobjekte lieber im kalten Bad vornehmen, weil sich in warmen Bädern das Metall ausdehnt und die Emaillierung leicht abspringt.

Als Badbehälter empfehlen sich die Steinzeugwannen oder für besonders große Bäder solche aus emailliertem Eisen.

Eine alte von Roseleur angegebene Lösung für kalte Vergoldung ist:

IV.	**Wasser**	**1 l**
	Cyankalium 100%	**15 g**
	Feingold als Ammoniakgold	**3,5 g**

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . **1,3 Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . **0,1** „
Stromdichte . . . . **0,07 Amper**
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: 1° Bé
Spez. Badwiderstand: 3,75 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0212
Stromausbeute: 99%
Theoretische Niederschlagsmenge per Amperstunde: 3,68 g
Niederschlagstärke in 1 Stunde: 0,00134 mm.

Als Anoden sind ausschließlich nur Goldanoden zu verwenden, die Anodenfläche ein Drittel so groß als die Warenfläche.

Obige Badspannung 1,3 Volt gilt für direkte Vergoldung auf Kupfer, Messing u. ä., verkupfertem oder vermessingtem Zink oder Eisen; wenn Eisen direkt vergoldet werden soll, ist anfänglich mit einer erhöhten Spannung von 2 Volt zu decken, nach dem Decken auf die normale Spannung zu regulieren.

Bei längerer Vergoldungsdauer wird der Niederschlag matt, muß durch Kratzen brillantiert werden.

Nach alter Erfahrung hat sich nachfolgende Zusammensetzung recht gut bewährt zur feurig sattgelben Vergoldung aller Metalle; der Niederschlag bleibt auch bei längerer Vergoldungsdauer noch brillant glänzend, speziell wenn langsam gearbeitet wird.

V.	**Wasser**	**1 l**
	Kohlensaures Natron, kalz.	**10 g**
	Cyankalium 100%	**7 g**
	Feingold als Ammoniakgold	**2 g**

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . . **2,85 Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . **0,18** „

Stromdichte . . . . **0,1 Amper**
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: $2^1/_2$ Bé
Spez. Badwiderstand: 4,4 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0225
Stromausbeute: 95 %
Theoretische Niederschlagsmenge per Amperstunde: 3,68 g
Niederschlagstärke in 1 Stunde: 0,00184 mm.

Als Anoden sind ausschließlich nur Goldanoden zu verwenden, die Anodenfläche ein Drittel so groß als die Warenfläche.

Auch Eisen und Stahl vergolden sich in diesem Bad direkt unter normalen Stromverhältnissen. Ein größerer Zusatz von kohlensaurem Natron erhöht die Brillanz des Niederschlages.

Auch für kalte Vergoldung wird von manchen Praktikern nachfolgende Lösung »ohne Cyankalium« verwendet:

VI.	**Wasser**	**1 l**
	Gelbes Blutlaugensalz	**15 g**
	Kohlensaures Natron, kalz.	**15 g**
	Chlorgold	**2,65 g**

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . . **2,1 Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . **0,16 „**
Stromdichte . . . . **0,1 Amper**
Badtemperatur: 15—20 C
Konzentration: $3^1/_2$° Bé
Spez. Badwiderstand: 3,2 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0206
Stromausbeute: 99 %
Theoretische Niederschlagsmenge per Amperstunde: 2,453 g
Niederschlagstärke in 1 Stunde: 0,00127 mm.

Als Anoden wird man für dieses Bad Kohlenanoden verwenden, die Anodenfläche ebensogroß als die Warenfläche. Weil Goldanoden in diesem Bad nicht gelöst werden, haben sie keinen Zweck. Selbstverständlich wird Gold nur aus der Lösung entnommen, es ist daher entsprechend dem Verbrauch Chlorgold nachzusetzen.

Der Niederschlag fällt in diesem Bad rein und brillant aus, namentlich schön auf Mattgrund und können darin alle Metalle, auch Eisen und Stahl direkt vergoldet werden.

Besonders gut eignet sich diese Zusammensetzung für sogenannte »Ziervergoldung«, das ist die Vergoldung von Metallgegenständen, welche teils versilbert, vergoldet, oxydiert, überhaupt mit mehreren Metallniederschlägen und Farben versehen werden, behufs dessen sie teilweise mit Lack (Decklack) gedeckt werden müssen. Weil die Lösung cyankaliumfrei ist, wird der Lack nicht angegriffen.

Ferner eignet sich dieses Bad auch zur Vergoldung von Objekten, welche durch Eintauchen in eine Cyankaliumlösung Schaden leiden würden, wie: Bronze- und Silbergespinste, Borten, Epaulettes, Portepees und ähnliche Verbindungen von Metallen mit organischen Stoffen.

Ein außerordentlich gleichmäßig arbeitendes Goldbad, das am besten warm verwendet wird, erhält man aus dem L.-P.-W.-Gold-Doppelsalz, und es empfiehlt sich die Anwendung dieses Bades überall dort, wo besonderer Wert auf einen klaren satten Ton der Vergoldung gelegt wird.

Das L.-P.-W.-Goldbad warm wird heute in den meisten Betrieben mit Vorliebe verwendet und besteht aus:

Wasser	1 l
Gold-Doppelsalz L.-P.-W.	2 g
Leitungssalz L.-P.-W.	70 g

Der spez. Badwiderstand dieses Bades, in der Kälte (20° C) gemessen, ist 2,76 Ω und er sinkt bei Erhöhung der Temperatur wie folgt:

bei	70° C	1,17 Ω
„	75° C	1,14 Ω
„	80° C	1,13 Ω

Diese geringfügige Änderung zeigt die Unempfindlichkeit des Bades auf die stets unvermeidlichen Temperaturschwankungen. Daraus erklärt sich auch die beobachtete Gleichmäßigkeit der Resultate, wenn nur die Badspannung annähernd konstant gehalten wird. Die brauchbarste Badspannung bei Anwendung von Goldanoden ist 1—1½ Volt,

bei Verwendung von Platinanoden und bei normaler Elektrodenentfernung ca. 3—4 Volt. Die Stromdichte soll 0,1 Amp. pro Quadratdezimeter nicht wesentlich überschreiten. Pro Amperstunde wird aus dem L.-P.-W.-Goldbad, solange genügend Gold (wenigstens 1 g Metall pro 1 l Bad) enthalten ist, theoretisch 3,68 g Gold gefällt. Bei Anwendung normaler Stromdichten sind Ausbeuten von 90—95 % des Theoretischen zu erreichen, doch sinkt bei geringerem Goldgehalt die Stromausbeute bis auf 50 % und darunter. Normal wird mit einer Stromdichte von 0,1 Amp. pro Quadratdezimeter gearbeitet.

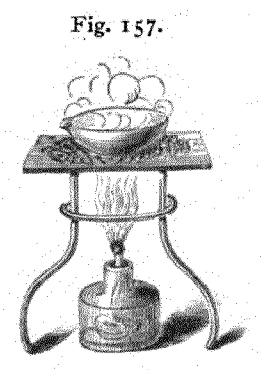
Zusatz von größeren Mengen Alkalikarbonat gibt glänzende Niederschläge, und es gelingt, aus dem L.-P.-W.-Goldbad Niederschläge von beliebiger Dicke herzustellen, die selbst bei größerer Stärke der Goldschicht noch ziemlich glänzend bleiben. Bei ganz starker Vergoldung wird der Niederschlag natürlich auch matt und muß zwischendurch gekratzt werden. Das Bad liefert aber derartig homogene und porenfreie Niederschläge, daß sie säurefest sind, d. h. der Säureprobe standhalten, auch wenn sie noch glänzend aus dem Bade genommen werden. Es hängt dies zum größten Teil von der guten Stromausbeute in diesen Bädern ab, neben der Möglichkeit, mit kleinen Stromdichten zu arbeiten, so daß der Niederschlag mit einem außerordentlich dichten Gefüge entsteht. Man arbeitet dann am besten mit Platinanoden und ersetzt das abgeschiedene Gold durch Zusatz von L.-P.-W.-Gold-Doppelsalz, welches 40 % metallisches Gold enthält. Man kann mit solchen Bädern Goldniederschläge z. B. auf Tombakringen herstellen, die so stark sind, daß der Niederschlag nach dem Ausschmelzen des Tombakmetalles für sich als hohler Körper übrigbleibt. Das Bad wird zur sogenannten »Pforzheimer Vergoldung« viel verwendet.

Eine oft gebrauchte Methode, die aber heute längst veraltet ist, bestand darin, Gold anodisch in Cyankalium aufzulösen und diese Lösung als Bad zu verwenden. Die Methode hat höchstenfalls dort Vorteile, wo man eine bestimmte Farbe des Goldniederschlages erhalten will, man braucht dann nur diejenige Legierung als Anodenmaterial aufzulösen, die man als Niederschlag erhalten will.

Die Bereitung der Goldbäder geschieht am besten mit erwärmtem Wasser, weil viele der verwendeten Chemikalien etwas schwer löslich sind. Die Reihenfolge der Chemikalienzusätze ist nach Vorschrift einzuhalten. Wird das L.-P.-W.-Doppelsalz verwendet, so braucht man dieses nur in destilliertem Wasser zu lösen, das Leitungssalz zuzusetzen und man erhält dann sofort das fertige Bad.

»Bereitung des Chlorgoldes«. Feingold, dünn ausgewalzt oder mit einer Schere in kleine Stückchen zerschnitten, bringt man in eine nicht zu kleine Porzellanschale, gießt per 1 g Gold 10 g chemisch reine Salzsäure und 3 g chemisch reine Salpetersäure darauf und erwärmt vorsichtig mit Gas- oder Spiritusflamme, wozu sich folgende Vorrichtung (siehe **Figur** 157) empfiehlt. Auf einen eisernen Dreifuß legt man eine dünne Eisenblechplatte, in deren Mitte man etwa 1 cm hoch feinen gesiebten Sand ausbreitet; auf diesen Sand stellt man die Porzellanschale.

Fig. 157.



Vorrichtung zur Bereitung des Chlorgoldes.

Sobald sich die Säuremischung (Königswasser) in der Schale etwas erwärmt, werden sich braune Dämpfe entwickeln, und das Gold wird sich alsbald auflösen. Man erhitzt fort, um die Säure zu verdampfen, und rührt dabei mit einem Glasstab fleißig um. Wenn die Lösung aufhört, Dämpfe zu entwickeln, macht man die Flamme etwas kleiner und erhitzt noch eine Weile unter recht fleißigem Umrühren so lange, bis die Lösung ganz dickflüssig, ölig, dunkel-, beinahe schwarzbraun aussieht, in der Nähe des zum Umrühren benützten Glasstabes kleine Sternchen (das Zeichen der beginnenden Kristallisation) sich zeigen. In diesem Moment nimmt man die Schale vom Feuer weg und läßt das nun fertige Chlorgold erkalten; würde man noch fort erhitzen, so würde das Chlorgold verbrennen und sich wieder zu Metallgold reduzieren; man müßte in diesem Fall neuerdings Königswasser zugießen und die ganze Manipulation wieder von neuem anfangen. Würde man zu früh mit dem Eindampfen aufhören, so würde

das Chlorgold zu viel Säure behalten, welche im Goldbad leicht Nachteile bringt. Es erfordert also die Bereitung des Chlorgoldes einige Aufmerksamkeit und Übung.

Ist das fertige Chlorgold vollständig erkaltet, so löst man es mit etwas destilliertem Wasser auf, filtriert klar ab, darf es aber nicht mehr lange am Licht stehen lassen, weil es sich zersetzen würde.

Das Auflösen und Abdampfen bei dieser Manipulation verursacht Säuredämpfe, welche für die Gesundheit schädlich sind; die Manipulation ist daher unter einem gut ziehenden Kamin vorzunehmen.

Es wird sich in den seltensten Fällen verlohnen, das Chlorgold selbst zu bereiten, weil es in chemischen Fabriken preiswert und rein erhältlich ist; es sei darauf aufmerksam gemacht, daß dieses Produkt für Photographie mit Chlornatrium oder Chlorkalium versetzt oder auch absichtlich etwas sauer erzeugt wird. Für unseren Bedarf ist nur reines neutrales Chlorgold brauchbar.

»Bereitung des Ammoniakgoldes«. Das fertige Chlorgold wird in einer genügend großen Porzellanschale mit 10 bis 15 Teilen heißen Wassers gelöst, die zehnfache Menge Salmiakgeist zugesetzt und unter Umrühren zum Kochen erhitzt; der Überschuß von Salmiakgeist entweicht, das Ammoniakgold setzt sich leicht zu Boden, wenn man es vom Feuer entfernt. Nach einigem Stehen muß die überstehende Flüssigkeit schwach bläulich (nicht grün oder gelb) sein; in letzterem Falle müßte man noch Salmiakgeist zusetzen und neuerdings kochen.

Man bringt das Ganze auf einen Filter, läßt die klare, wertlose Flüssigkeit ablaufen, übergießt das im Filter zurückgebliebene Ammoniakgold vier- bis fünfmal mit kochendem Wasser, um es gründlich auszuwaschen.

Man hat darauf acht zu geben, daß das Ammoniakgold (Knallgold) im Filter nicht trocken werde, denn dieses Präparat ist im trockenen Zustand explosibel und entzündet sich leicht durch Reibung oder Schlag, ähnlich dem Knallquecksilber, welches zur Füllung der Zündhütchen für Feuergewehre verwendet wird.

Anoden für Goldbäder. Es wurden bereits bei jeder Badzusammensetzung die dafür geeigneten Anoden angegeben. Bei Verwendung von Kohlenanoden ist es zweckmäßig, diese

in weiße Rohseide einzunähen, um die Verunreinigung der Bäder durch Kohlenstaub zu vermeiden. Die Verwendung blau angelassener Stahlanoden speziell bei großen Bädern, wie s. Z. von Pfanhauser sen. vorgeschlagen, ist sehr zu empfehlen und sei hier der Originalität halber nochmals erwähnt.

Zum Einhängen der Goldanoden verwendet man am besten Platindraht, den man des guten Kontaktes wegen anschweißt, indem man das Goldblech auf eine Asbestplatte legt, den Platindraht darauf, mittels einer Lötrohrflamme die Schweißstelle zur Weißglut erhitzt und durch einen energischen Schlag mit dem Hammer zusammenfügt. Die Verbindung mit der Anodenstange erfolgt durch geeignete Klemmen.

Kommen in einem Goldbad unlösliche Anoden in Anwendung (Platin, Stahl oder Kohle), so ist es selbstverständlich, daß der Goldgehalt der Lösung durch Zusatz des geeigneten Goldpräparates konstant zu erhalten ist, während bei Benützung von Goldanoden diese das ausgeschiedene Gold fast vollständig ersetzen, wenn die richtige Stromdichte und Konzentration der Lösung gewählt und natriumfreies Cyankalium verwendet wird, die Natronsalze als Leitsalze sind dann zu vermeiden. Nur in cyankaliumlosen Bädern sind Goldanoden so gut wie ganz unlöslich.

Die Angreifbarkeit der Goldanoden in cyankalischen Goldbädern hat Carl Ludwig Jacobsen, Göttingen, eingehend studiert und seien die Hauptergebnisse aus dieser hübschen Arbeit in folgenden Punkten zusammengefaßt: In cyankalischer Lösung geht das Gold als einwertiges Metall in Lösung. Bei Anwendung der käuflichen Handelssorte von Cyankalium tritt aber schon bei geringer Konzentration eine Passivität der Goldanoden ein, während eine solche unter Anwendung von vollkommen reinem Cyankalium ausbleibt, d. h. das Gold geht dann in solchen Bädern selbst bei höherer Konzentration und auch unter Anwendung höherer Stromdichten glatt in Lösung.

Als Ursache hierzu wurde die Anwesenheit von Natriumionen in den Bädern erkannt. Es konnte bewiesen werden, daß die Passivität von einer dünnen Schicht des gegenüber dem Kaliumgoldcyanid viel schwerer löslichen Natriumgoldcyanids verursacht wird. Es ist also die Passivität der Gold-

anoden als Verhinderung der Auflösung durch eine unsichtbare schwerlösliche, feste Deckschicht zu erklären, die an der Goldanode ausgefällt wird, nachdem durch anfängliche Lösung der Anode das Löslichkeitsprodukt des Anodenmetallions und eines anderen im Elektolyten enthaltenen Ions überschritten ist.

Manipulation beim Vergolden. Beim Vergolden ist die Einhaltung der gegebenen Vorschriften (Badspannung, Stromdichte, Badtemperatur etc.) von besonderer Wichtigkeit deswegen, weil bei zu hoher Stromdichte der Niederschlag leicht überschlägt, pulverig rauh ausfällt, gekratzt werden muß, wobei viel Gold verloren geht. Auch der Ton des Goldniederschlages wird durch die Stromdichte beeinflußt; ist diese zu hoch, so wird die Vergoldung zu dunkel, ist sie zu niedrig, so wird sie zu blaß.

Bei keiner anderen Elektroplattierung sind die anzuwendenden Stromverhältnisse so sehr der Veränderung unterworfen wie beim Vergolden; jede Veränderung der Badzusammensetzung macht sich fühlbar und es ist insbesondere der Gehalt an Leitsalzen und Cyankalium etc., welcher die anzuwendenden Stromverhältnisse beeinflußt. Es ist daher beim Vergolden die Einschaltung eines richtig konstruierten feinen Regulators unerläßlich, um die Stromverhältnisse am Bade den jeweiligen Veränderungen entsprechend regulieren zu können.

Wird mit Dynamomaschine gearbeitet, so ist eine solche mit einer Klemmenspannung von 4 Volt zu wählen, wenn nicht besondere Verhältnisse die Anwendung einer höheren Klemmenspannung bedingen; der Stromkonsum ist bei der zum Vergolden erforderlichen Stromdichte von max. 0,1 Amper per 1 qdm Warenfläche so gering, daß beispielsweise mit einer ganz kleinen Maschine mit einer Stromleistung von etwa 30 Amper eine Warenfläche von mindestens 3 qm vergoldet werden kann. Man übertreibe keinesfalls die Anwendung höherer Stromdichten, denn die Vergoldung fällt um so schöner aus, je langsamer gearbeitet wird.

Bei Betrieb mit Elementen sind je nach der erforderlichen Badspannung zwei oder drei auf Spannung verbundene Bunsen- oder Tauchbatterie-Elemente als Stromquelle zu be-

nützen, und wird sich die Verwendung eines Regulators sehr gut bewähren.

Bis zu einer Badspannung von	verwende man bis zu Warenflächen von	Elemente	
		Anzahl	wirksame Zinkfläche
2 V	20 qdm	2	1,5 qdm
	60 qdm	2	5,8 „
3 V	20 qdm	2	7,9 qdm
	60 „	3	5,8 „
	100 „	3	7,9 „
4 V	30 qdm	3	5,8 qdm
	50 „	3	7,9 „
	75 „	3	12,4 „

Bei gewöhnlicher Handelswarenvergoldung, die mit kurzer Vergoldungsdauer erzielt wird, bleibt bei richtiger Manipulation der Niederschlag glänzend; aber bei stärkerer Vergoldung ist es in gewöhnlichen Goldbädern unvermeidlich, daß der Niederschlag nach längerer Vergoldungsdauer matt wird und gekratzt werden muß. Dieses Kratzen der Vergoldung muß aus ökonomischen Rücksichten mit möglichster Schonung ausgeführt werden, weil, wie schon oben angedeutet, dadurch viel Goldniederschlag verloren geht. Man bediene sich daher feindrahtiger, sanftwirkender Kratzbürsten aus Messingdraht (0,05 bis 0,1 mm Drahtstärke) und wende dabei ein gleitendes Kratzwasser an (Seifwurzelwasser, saures Bier u. ä.), welches die reißende Wirkung der Drahtbürsten abschwächt.

Die Dauer der Vergoldung ist von dem Wert der Ware bedingt, variiert von wenigen Sekunden bis zu mehreren Stunden.

Kleine Massenartikel können in lockeren Bündeln vergoldet werden, selbstverständlich sind sie so einzuhängen, daß sie nicht aneinanderliegen oder sich gegenseitig decken.

Bei der warmen Vergoldung ist damit zu rechnen, daß durch die angewandte höhere Temperatur der Lösung und die dabei stattfindende Verdunstung des Wassers die Oxydation der Leitungsmontierung der Wanne ungemein stark um sich greift, dadurch kann leicht eine Störung des Leitungs-

kontaktes zwischen Ware und der äußeren Stromzuleitung entstehen, welche durch fleißiges Reiben des Aufhängedrahtes auf der Warenstange zu verhindern ist.

Sollte infolge Veränderung der Stromverhältnisse die Lösung an Goldgehalt verarmen, was sich durch den trägen Gang des Vergoldungsprozesses und heftige Gasentwicklung an der Ware bemerkbar macht, so ist von dem betreffenden Goldpräparat, welches bei Bereitung des Bades Verwendung fand, demselben zuzuführen; am besten eignet sich zur Erhöhung des Goldgehaltes der Bäder das L.-P.-W.-Golddoppelsalz, das mit einem garantierten Goldgehalt von 40% auf den Markt gebracht wird.

Sollte es einem Goldbad an Cyankalium fehlen, so zeigt sich dies zunächst an den Goldanoden, sofern solche verwendet wurden, welche dann dunkel gestreift aussehen, die Vergoldung vollzieht sich langsam oder gar nicht, an der Ware tritt keine Gasentwicklung auf; es ist Cyankalium zuzusetzen, aber vorsichtig, allmählich und nicht zu viel, und zwar wird man mit 1 g per Liter Bad beginnen, nach dessen Lösung und Vermischung erst die Vergoldung versuchen, dies wiederholend, bis die Funktion befriedigt.

Ein übermäßiger Cyankaliumüberschuß macht sich in den Goldbädern besonders empfindlich fühlbar, ist daher zu vermeiden; ein zu hoher Cyankaliumgehalt zeigt sich bei sonst richtigen Stromverhältnissen durch eine heftige Gasentwicklung an der Ware, der Niederschlag wird zum Überschlagen neigen, die vorgeschriebene Badspannung verursacht eben dann infolge der erhöhten Leitfähigkeit des Bades eine zu hohe Stromdichte, und es ist dann bis zum Verschwinden der Gasentwicklung zu regulieren.

Anläßlich der Jahresinventur wird der gewissenhafte Besitzer größerer Goldbäder deren genauen Goldgehalt von einem Chemiker analytisch bestimmen lassen und bei dieser Gelegenheit sowohl den Gold- als auch den Cyankaliumgehalt der ursprünglichen Badzusammensetzung entsprechend richtigstellen.

Die fertige Vergoldung wird meist noch auf Hochglanz poliert, und zwar von Hand mit Stahl oder Blutstein; das Polieren der

Vergoldung mit Maschine und rotierenden Polierscheiben ist bei der Kostbarkeit des Materials aus ökonomischen Gründen kaum durchführbar. Wurde mit sogen. Glanzgoldbädern gearbeitet, dann braucht die auf den vorher glanzpolierten Waren aufgetragene Goldschicht nur mittels eines Lederlappens unter Zuhilfenahme von feinstem S-Rouge abgerieben zu werden, worauf die Gegenstände hochglänzend werden.

Vergoldung nach Gewicht. Bei besonders schwerer Vergoldung, wo es sich um einen wägbaren Niederschlag handelt, wird Dr. W. Pfanhausers voltametrische Wage gute Dienste leisten, natürlich nur in solchen Fällen, wo es sich um größere Mengen zu vergoldender Waren handelt.

Tabelle für Gewichtsbestimmung des Goldniederschlages mittels der voltametrischen Wage bei Verwendung der Blei-Voltameterlösung*).

Wenn ausgeschieden werden sollen Gramm Gold	Müssen nach Tarierung auf der Wagschale aufgelegt werden g Gewichte	
	Bei Verwendung von Bädern Formel I, II, IV, V	Bei Verwendung von Bädern Formel III, VI
1	0,999	1,496
2	1,998	2,992
3	2,997	4,488
4	3,996	5,984
5	4,995	7,480
10	9,99	14,96
20	19,98	29,92
30	29,97	44,88
40	39,69	59,84
50	49,95	74,80
100	99,9	149,60

*) Das spezifische Gewicht der angewendeten Voltameterlösung soll 1,1 betragen und ist wegen der Kostspieligkeit des Goldes öfters zu kontrollieren, um keine falschen Wiegeresultate zu bekommen. Die Richtigkeit dieser Zahlen ist von der Einhaltung der normalen Badzusammensetzung, d. h. der angenommenen hohen Stromausbeute bedingt.

Tatsächlich wird das Niederschlagsgewicht durch die nicht ganz quantitative Ausscheidung in den meisten Goldbädern etwas beeinträchtigt; das macht aber nur sehr wenig aus, denn es schlägt sich ja auch an den Einhängdrähten der Objekte Gold nieder, was natürlich von der Wage ebenfalls registriert wird, auf der Ware jedoch nicht abgeschieden ist. Ganz genau läßt sich bei Einhaltung der angegebenen Stromdichten das Niederschlagsgewicht unter Zuhilfenahme der bei jedem Bad angegebenen Stromausbeuteziffern berechnen, respektive die Gewichte, die aufzulegen sind, bestimmen.

Die Unverläßlichkeit in der Stromausbeute bei der elektrolytischen Goldabscheidung ist aber ein Haupthinderungsgrund, das voltametrische Prinzip der Kontrolle des Gewichts an niedergeschlagenem Metall mit gutem Gewissen auch für kleinere Goldbäder zu empfehlen, und wird für Vergoldung nach Gewicht in solchen kleineren Bädern besser die Konstruktion der Wage nach Roseleur benützt. Diese Wage ermittelt, wie bei der Versilberung beschrieben, den Niederschlag während des Niederschlagsprozesses durch direkte Verfolgung der Gewichtszunahme der in dem betreffenden Bade exponierten Gegenstände und begreiflicherweise ist diese Methode angesichts des teuren in Betracht kommenden Metalles jeder anderen Methode vorzuziehen. Die Konstruktionsdetails schließen sich eng an die im Kapitel »Versilberung« genau beschriebene Konstruktion der Roseleurschen Wage an und es erübrigt sich daher füglich hier jede weitere Erörterung. Bemerkt sei lediglich, daß für diese Bestimmung der Gewichte an abgeschiedenem Gold die Roseleursche Wage in spezieller Ausführung gebaut werden muß. Die einzelnen Abmessungen müssen entsprechend kleiner und leichter gehalten werden, damit die Genauigkeit bzw. Empfindlichkeit der Wage erhöht wird.

Glanzvergolden. Unter Glanzvergoldung versteht man die Vergoldung auf vorher glanzpoliertem Metalluntergrund, wie dies fast durchweg verlangt wird. Die Art der Ausführung ist folgende: Die Gegenstände werden vor der Vergoldung glanzgeschliffen oder mit der Hand poliert, unmittelbar

nachher mit Wienerkalkbrei, behufs Entfettung, abgebürstet, rein abgespült und sofort vergoldet. Selbstverständlich muß man sich mit einer leichten Vergoldung begnügen, denn die Vergoldungsdauer läßt sich nicht so lange ausdehnen, weil sonst der Polierhochglanz wieder verloren ginge. Keinesfalls aber darf man mit zu starkem Strom arbeiten, sondern muß selbst bei Verwendung unlöslicher Anoden auf 1,5 Volt bleiben, damit die Stromdichte nicht 0,05 Amper überschreite. Natürlich kann man auch stärker vergoldeten, ja selbst nach Gewicht vergoldeten Waren den schönen Hochglanz polierter Goldwaren verleihen, wenn man die Vergoldung nachträglich mit dem Blutstein oder Polierstahl behandelt.

Eine besondere Methode, vergoldete Massenartikel, wie Ringe, Ketten u. dgl., die in verschiedenen Nuancen vergoldet werden, auf Glanz zu bearbeiten, ist in Pforzheim, Offenbach etc. gebräuchlich und besteht darin, daß man die in bestimmter Farbe vergoldeten Artikel in hölzernen Scheuer- bzw. Poliertrommeln (ähnlich wie in Fig. 86 abgebildet) mit polierten Stahlkugeln und kleinen Stahlstiften trommelt, wodurch die Teile einen tadellosen Hochglanz annehmen, wie er beispielsweise durch die Handpolierung mit Blutstein oder Stahl bei größeren Objekten erhalten wird. Es werden hierzu Trommeln aus Holz in sechs- bis achteckiger Form von 50 cm Länge und 30 cm Durchmesser verwendet und werden pro Trommel etwa 5 kg Kugeln und 5 kg Stifte angewendet.

Zur Herstellung direkt glänzend ausfallender Goldniederschläge sind spezielle Vorschriften ausgearbeitet worden und verweist Verfasser auf das Seite 545 Gesagte.

Mattvergolden. Der matt zu vergoldende Gegenstand muß vor dem Vergolden matt grundiert werden, und zwar auf eine der Seite 307 bis 311 beschriebenen Arten. Wer zum Mattieren auf mechanischem Wege (Mattschlagen mit Bürsten oder Sandgebläse) nicht eingerichtet ist, wem der durch Mattbrennen auf Messing, Kupfer und Kupferlegierungen erzielte Mattgrund nicht genügt, der muß einen Mattgrund durch galvanoplastischen Kupferniederschlag darstellen oder seine Waren mit besonders zusammengesetzten Beizen behandeln. Die Methode des galvanoplastischen Mattierens wurde Seite 310

eingehend erklärt und sei an dieser Stelle nochmals darauf hingewiesen.

In längstens einer Stunde sind die Gegenstände z. B. mit einem galvanoplastischen Kupferniederschlag bedeckt, von einem so schönen und weichen Samtmatt, wie man es sich nur wünschen kann. Selbstredend darf dieser Niederschlag nicht gekratzt werden, um den schönen Matteffekt nicht zu zerstören, sondern die solcher Art mattierten Gegenstände werden, wie sie aus dem galvanoplastischen Kupferbad kommen, gründlich abgespült, damit von der sauren Kupferbadlösung nichts haften bleibt, und werden dann sofort vergoldet. Sehr schöne Resultate erzielt man, wenn man die zu vergoldenden Objekte zuerst in der Seite 308 beschriebenen Französisch-Mattbrenne bearbeitet und dann sofort, ohne nach dem darauffolgenden Spülen zu trocknen, ins Goldbad bringt.

Rotvergolden und Rosavergolden. Diese sind nur mit Strom ausführbar, und zwar in der Weise, daß aus einer kupferhaltigen Goldlösung nebst Gold auch Kupfer, also ein mit Kupfer legiertes Gold ausgeschieden wird. Als Lösung kann jedes Goldbad dienen, warm oder kalt; man setzt demselben nur etwas Cyankupferkalium zu, in größerer oder geringerer Menge, je nachdem man röter oder weniger rot vergolden will (per Liter etwa 0,1—0,15 g metallisches Kupfer).

Selbstredend sind die mit Blutlaugensalz angesetzten cyankaliumlosen Bäder ausgeschlossen, weil durch den Zusatz von Cyankupferkalium das Bad cyankaliumhaltig würde.

Vielfach wird die Rotvergoldung übertrieben, die Goldbäder mit gar zu viel Kupfer versetzt; es geht dies sogar so weit, daß manche Rotvergolder gar kein Gold mehr in ihrer Lösung haben, lediglich nur »mit Kupfer vergolden«. Eine solche Rotvergoldung, wenn sie überhaupt diesen Namen noch verdient, wird in kurzer Zeit an der Luft anlaufen, oxydieren und kann niemals die sogenannte »Säureprobe« aushalten.

Wer solider rotvergolden will, dem möchte Verfasser empfehlen, die Ware vorerst überhaupt nur zu verkupfern und darauf leicht zu vergolden, und zwar in einem reinen Goldbad, ohne Kupferzusatz; der Kupfergrund wird durchschlagen, der Vergoldung einen schönen Rotgoldton verleihen, und weil

die Oberfläche echtes Gold ist, wird ein Anlaufen nicht stattfinden. Wird übrigens der Kupferzusatz nicht übertrieben, so ist die direkte Rotvergoldung, wie oben angegeben, fast ebenso solid, ein Anlauf wird nicht zu befürchten sein.

Zur Rosavergoldung ist dem kupferhaltigen Goldbad ein wenig Silberlösung zuzusetzen, entweder Silberbad oder eine Lösung von salpetersaurem Silber, um den Rosaton zu erzielen. Man muß aber mit dem Zusetzen der Silberlösung sehr sparsam und vorsichtig sein: dem noch Ungeübten ist zu empfehlen, diese nur tropfenweise zuzugießen, umzurühren und jedesmal erst den Ton auszuprobieren; denn wenn man zu viel von der Silberlösung zusetzt, wird die Vergoldung grünlich oder gar weiß, weil das Silber zu leicht vorschlägt.

Grünvergolden. In der Gold- und Bronzebijouterie ist oft eine grünliche Vergoldung erwünscht, z. B. für Blumen, Blätter, Schmetterlinge, Gravierungen von Landschaften in Messing, Silber oder Gold. Solch grünliche Vergoldung erzielt man mit Strom in einem Goldbad, dem etwas Silber zugesetzt wurde, und zwar entweder Silberbad oder eine sehr verdünnte Lösung von salpetersaurem Silber; das Zusetzen der Silberlösung muß jedoch vorsichtig geschehen, denn wenn man zu viel davon beimengt, so wird das Silber vorschlagen, die Vergoldung wird fast ganz weiß ausfallen.

Eine recht schöne grünliche Vergoldung erzielt man auch auf Silbergrund, wenn man den betreffenden Gegenstand zuerst versilbert, darauf leicht vergoldet; der durchscheinende Silbergrund gibt der leichten Übergoldung einen grünlichen Ton.

Selbstredend ist eine intensive Grünvergoldung nicht erreichbar, sondern es handelt sich immer nur um einen grünlichen Stich des gelben Goldtones, mit dem man sich begnügen muß.

Abziehen der Versilberung und Vergoldung.

Es kommt häufig vor, daß von versilberten oder vergoldeten Waren der Niederschlag abgezogen werden muß, um sie entweder neu zu versilbern oder zu vergolden oder sonstwie bearbeiten zu können.

Auch die Messing- oder Kupferdrähte, die zum Einhängen der zu versilbernden oder zu vergoldenden Waren dienen, sind, da sie wiederholt benutzt werden, mit einer ziemlich starken Schichte Silber- beziehungsweise Goldniederschlag belegt; man pflegt eine Partie dieser Drähte zu sammeln, um von Zeit zu Zeit das Silber oder Gold durch Abziehen zu gewinnen.

Wenn alte Objekte neu elektroplattiert werden sollen, weil der Niederschlag stellenweise abgenützt ist, so läßt sich dies auf dem alten Niederschlage nicht gut ausführen, weil ein neuer Überzug nicht gut haften wird, insbesondere wenn es sich um schwere Versilberung oder Vergoldung handelt; es liegt daher im Interesse des guten Gelingens, den alten Niederschlag erst vollständig zu entfernen und das reine Grundmetall so wie ein neues Objekt zu behandeln, entweder dekapieren oder schleifen, je nach dem gewünschten Aussehen.

Man hat dabei zu beachten, ob nicht etwa der alte Gegenstand mit einem Lack überzogen war, der vor allem entweder mit Spiritus oder Terpentingeist oder durch Eintauchen in konzentrierte Schwefelsäure zu entfernen ist.

Die Entfernung alter Silber- oder Goldniederschläge wird entweder mit Hilfe des elektrischen Stromes oder durch Eintauchen in eine den Niederschlag lösende Säuremischung bewerkstelligt.

Das Abziehen der Silber- oder Goldniederschläge mit Strom geschieht in der Weise, daß man die vorher gereinigten alten Objekte in einer Cyankaliumlösung, bestehend aus:

Wasser	1 l
Cyankalium	50 g

mit verkehrtem Strom behandelt, das heißt die Objekte dienen als Anoden, von denen der Niederschlag abgezogen wird; als Kathoden hängt man Eisenplatten ein, auf welche sich das abgezogene Metall teilweise niederschlägt, während es teilweise in der Cyankaliumlösung gelöst bleibt.

Diese Methode ist schon der einfacheren Ausführbarkeit wegen unbedingt vorzuziehen, aber auch deswegen, weil das

abgezogene Edelmetall zum größten Teil als Metall gewonnen wird. Gegen die Methode des Abziehens in lösenden Säuren hat die elektrolytische Entsilberung und Entgoldung auch noch den nicht zu unterschätzenden Vorteil der Reinlichkeit und Unschädlichkeit, weil die Manipulation mit den Säuren erspart bleibt.

Sehr gute Erfolge erzielt man beim Abziehen von Gold oder Silber auf elektrolytischem Wege, wenn man als Elektrolyten konz. Schwefelsäure benutzt und den Gegenstand ebenfalls als Anode einhängt. Als Kathoden dienen praktischerweise Bleibleche. Badspannung hierbei 3—4 Volt..

Speziell zum Entsilbern dient folgende Methode:

Entsilbern durch Eintauchen in eine den Niederschlag lösende Säuremischung. Man bedient sich hierzu folgender Zusammensetzung der Säure:

wasserfreies Vitriolöl (Oleum) . .	1000 g
Salpetersäure, 40-gradig	75 g.

Die kalte Mischung, welche kein Wasser enthalten darf und stets möglichst gut verschlossen zu halten ist, löst das Silber auf, ohne das Grundmetall namhaft anzugreifen.

Die Gegenstände werden so lange in diese Säuremischung gehalten, bis eine Reaktion wahrnehmbar ist, dann in Wasser abgespült, abermals in die Säure eingetaucht, dies abwechselnd so lange wiederholt, bis aller Silberniederschlag entfernt ist.

Wenn die Säuremischung in der entsilbernden Wirkung nachläßt (wenn die darin enthaltene Salpetersäure mit Silber gesättigt ist), wird durch neuen Zusatz von Salpetersäure nachgeholfen. Zum Entgolden wird das Säuregemisch anders bereitet, und zwar:

Entgolden durch Eintauchen in eine den Niederschlag lösende Säuremischung. Die hierzu geeignete Zusammensetzung ist folgende:

wasserfreies Vitriolöl (Oleum) . .	1000 g
Salzsäure	250 g.

Diese Mischung kann vorrätig gehalten werden, im Bedarfsfalle erwärmt man sie, taucht die zu entgoldenden Ob-

jekte ein und gießt gleichzeitig unter Umrühren eine kleine Menge Salpetersäure zu; es entsteht hierbei Königswasser, und das ist eigentlich die goldlösende Säuremischung.

Man gießt jeweilig nur so viel Salpetersäure zu, als zum Lösen des Goldniederschlages erforderlich ist, denn das in der Mischung enthaltene Königswasser ist bald unwirksam.

Ebenso wie beim Entsilbern wird man auch die zu entgoldenden Objekte öfters in Wasser abspülen, um den Fortschritt der Entgoldung zu beobachten.

Elektrolytisches Glänzen von Goldwaren. Eine vielfach gebräuchliche Methode der Entgoldung von Gegenständen, bei der das Grundmetall derart wenig angegriffen wird, daß man es sofort nach der Entgoldung durch Polieren mit Rougepulver wieder glänzen kann, besteht in der Anwendung einer auf 80—100° C erwärmten Entgoldungsflüssigkeit. Gearbeitet wird mit einer Badspannung von 15—20 Volt und hohen Stromdichten. Die Entgoldung dauert selten länger als 3 bis 4 Sekunden, wobei die Gegenstände als Anoden einzuhängen und während des Prozesses zu bewegen sind.

Diese Methode des Reinigens der Oberfläche echt goldener Waren, wie Ringe, Broschen u. dergl., dient lediglich dazu, die Unreinheiten, die durch die Behandlung der Gegenstände mit Loten u. dergl. auf diesen entstehen, zu entfernen und den von überflüssigen derartigen Unreinheiten befreiten Objekten den Glanz des zum Montieren der Objekte verwendeten Goldbleches bzw. Golddrahtes wieder zu verleihen, und man kann daher dieses Verfahren als ein elektrolytisches Putz- oder Polierverfahren bezeichnen, wobei allerdings stets etwas Gold auch in Lösung geht.

Wiedergewinnung des Silbers und Goldes aus Lösungen.

Wir haben soeben gesehen, auf welche Art Silber- und Goldniederschläge mittelst Säuremischungen abgezogen werden; für den Praktiker ist es von weiterem Interesse, zu wissen, wie er diese beiden Edelmetalle aus den Säuren, worin sie gelöst sind, gewinnen kann.

Aus der zum Entsilbern verwendeten Säuremischung gewinnt man das Silber, wenn man dieselben mit dem fünf- bis zehnfachen Quantum Wasser verdünnt und unter Umrühren so lange Salzsäure zusetzt, als sich ein weißer Niederschlag oder eine Trübung zeigt.

Dieser Niederschlag ist Chlorsilber; man läßt vollständig absetzen, gießt die klare Flüssigkeit fort, filtriert durch Glaswolle, gießt noch einigemal frisches reines Wasser nach, um alle Säure auszuwaschen, bis das abtropfende Wasser blaues Lackmuspapier nicht mehr rötet, und kann nun das reine Chlorsilber entweder zur Anfertigung neuer Versilberungsbäder verwenden oder trocknen und einem Chemiker zur Reduktion in chemisch reines Silbermetall übergeben.

Aus der zum Entgolden verwendeten Säuremischung gewinnt man das Gold, wenn man diese in einer Porzellanabdampfschale bis zur Sirupkonsistenz eindampft, den Rückstand mit dem fünffachen Quantum warmen Wassers verdünnt und unter Umrühren so lange eine mit Salzsäure angesäuerte Eisenvitriollösung zugießt, als sich ein Niederschlag bildet. Das Gold scheidet sich als dunkles Pulver aus, setzt sich zu Boden. Man läßt es absetzen, gießt dann die darüber befindliche klare Flüssigkeit fort, filtriert den Rest mit dem Bodensatz, um alles Goldpulver im Filter zu sammeln, wäscht noch einigemal mit Wasser, welches man mit etwas Salzsäure angesäuert hat, trocknet schließlich das Goldpulver und löst es mit Königswasser auf, um Chlorgold daraus zu machen.

Um das in cyankalischen Lösungen enthaltene Silber und Gold wiederzugewinnen, gibt es verschiedene Methoden:

Die einfachste Methode ist die, die cyankalische Lösung bis zur Trockene einzudampfen, den Rückstand mit kalzinierter Soda und Holzkohlenpulver (manche setzen auch noch kalzinierten Borax zu) bei fleißigem Umrühren zu rösten, dann in einem Schmelztiegel zu schmelzen, wobei das Gold (beziehungsweise Silber) zu einem Klumpen zusammensintert.

Bei dem Umstand, daß eine Einrichtung zum Schmelzen, die einen gut konstruierten Schmelzofen bedingt, in wenigen Fällen vorhanden sein dürfte, wird es bequemer sein, diese

beiden Edelmetalle direkt aus den cyankalischen Lösungen auszufällen, und zwar auf folgende Art: Die filtrierte Lösung wird bei fleißigem Umrühren so lange mit Schwefelsäure versetzt, bis eine ausgesprochen saure Reaktion der Lösung zu konstatieren ist (mit blauem Lackmuspapier); es wird sich Silber als Cyansilber, beziehungsweise Gold als Cyangold ausscheiden, welche durch Filtration und, wie schon wiederholt erklärt, durch Auswaschen mit reinem Wasser von aller Säure befreit, zur Regenerierung der Silber- beziehungsweise Goldbäder verwendet werden können.

Da beim Zusetzen der Schwefelsäure in die Cyankaliumlösung Blausäure entweicht, bekanntlich eines der stärksten Gifte, ist daher die größte Vorsicht zu beachten. Diese Manipulation kann nur unter einem sehr gut ziehenden Kamin (keinesfalls in oder zwischen Wohnräumen) vorgenommen werden, denn die Blausäure wirkt auch noch in luftverdünntem Zustande tödlich.

Von Dr. H. Stockmeier wird ein Verfahren empfohlen, um Silber, beziehungsweise Gold aus cyankalischen Lösungen auf einfache und gefahrlose Weise mit Hilfe von Zink, beziehungsweise Zinkstaub metallisch auszufällen.

Das Verfahren kann dem Praktiker nur empfohlen werden, weil es auch von Nichtchemikern leicht ausführbar ist und mit geringen Kosten eine quantitativ genaue Wiedergewinnung der Edelmetalle ermöglicht.

Um aus cyankalischen Silberlösungen das Silber zu fällen, genügt es, während zwei Tagen ein blankes Zinkblech in die Lösung zu stellen; noch besser eignet sich die gleichzeitige Anwendung eines Zink- und Eisenbleches. Während im ersten Falle das Silber manchmal am Zink fest anhaftet, scheidet es sich bei der gleichzeitigen Anwendung von Zink und Eisen stets pulverig ab. Man hat nur nötig, das ausgeschiedene, meist kupferhaltige Silberpulver (da ausgebrauchte Silberbäder stets kupferhaltig sind) zu waschen, nach dem Trocknen am besten in warmer konzentrierter Schwefelsäure zu lösen und nach dem Verdünnen mit Wasser das gelöste Silber durch Kupferstreifen auszufällen. Das so gewonnene

Zementsilber ist völlig rein. Ist der Kupfergehalt nur gering, so gelingt meist die Entfernung desselben aus dem direkt durch Zink gefällten Silber durch Umschmelzen mit etwas Salpeter und Borax.

Nach diesem Verfahren gelang es, in einem ausgebrauchten Silberbad einen Silbergehalt pro Liter von:

1. Versuch	1,5706 g
2. Versuch	1,5694 g
im Mittel	1,5700 g

zu konstatieren. Im rückständigen von Silber befreiten Bad ließ sich Silber qualitativ nicht mehr nachweisen.

So vorzüglich sich Zinkblech oder das kombinierte Zinkeisenblech zur Ausfällung des Silbers aus silberhaltigen cyankalischen Flüssigkeiten eignet, so wenig können diese zur Ausfällung des Goldes aus ausgebrauchten Goldbädern angewendet werden. Das Gold scheidet sich in diesem Fall nur sehr unvollständig und dabei als festhaftender, glänzender Überzug auf dem Zink ab. Dagegen ist das feinverteilte Zink, der sog. Zinkstaub, ein vorzügliches Mittel, das Gold quantitativ und im pulverförmigen Zustand aus seinen cyankalischen Lösungen zu fällen. Wenn man ein ausgebrauchtes cyankalisches Goldbad mit Zinkstaub versetzt und von Zeit zu Zeit kräftig schüttelt oder umrührt, so ist in zwei bis drei Tagen alles Gold ausgefällt.

Die zur Ausfällung nötige Zinkmenge richtet sich selbstredend nach der Menge des vorhandenen Goldes. Neue Goldbäder für die kalte Vergoldung enthalten durchschnittlich 3,5 g Gold im Liter, solche für warme Vergoldung 0,75 bis 1 g. Zur Ausfällung des Goldes im ursprünglichen Bad wären deshalb der Theorie zufolge 1,74 g bzw. 0,37 bis 0,5 g Zinkstaub nötig, im ausgebrauchten Goldbad natürlich weit weniger. Da die Ausscheidung bei einem Überschuß von Zinkstaub rascher vor sich geht, wird man wohl im allgemeinen auf 100 Liter ausgebrauchtes Goldbad $^1/_4$, höchstens $^1/_2$ kg Zinkstaub nehmen.

Das durch Zinkstaub und meist auch durch mitausgefälltes Silber und Kupfer verunreinigte Goldpulver wird gewaschen,

dann durch Behandeln mit Salzsäure vom Zink und mit Salpetersäure von Silber und Kupfer befreit und rein erhalten.

Ein ausgebrauchtes Goldbad ergab auf diese Weise einen Goldgehalt pro Liter von:

1. Versuch	0,2626 g
2. Versuch	0,2634 g
im Mittel	0,2630 g

Im cyankalischen Rückstand ließ sich durch qualitative Prüfung Gold nicht mehr nachweisen.

Das Cyankalium der bei diesem Verfahren erhältlichen cyankalischen Lösungen dürfte zweckmäßig durch Erwärmen mit Kalkmilch und Eisenvitriol in gelbes Blutlaugensalz überzuführen sein, weil alsdann der Entfernung derselben wegen der Nichtgiftigkeit des Blutlaugensalzes nichts im Wege stünde.

Das Färben der Goldniederschläge.

Anstatt, wie dies vorher beschrieben wurde, die verschiedenen Nuancen der Vergoldung durch Regulierung des Stromes oder der Temperatur bzw. durch spezielle Zusätze zum Elektrolyten zu erzeugen, kann man auch durch nachträgliche chemische Reaktionen dem normalen Goldniederschlag die mannigfachsten Färbungen verleihen. Die alte Methode des Glühwachsens soll der Originalität wegen hier kurz erwähnt werden, weil es noch viele Praktiker gibt, die von der Feuervergoldung dieser Methode, der Vergoldung die gewünschte Nuance zu geben, nicht abzubringen sind.

Die Ausführung des Glühwachsens geschieht in der Weise, daß man die vergoldeten Gegenstände langsam anwärmt und dann gleichmäßig mit dem Glühwachs überzieht. Man erhitzt dann die Gegenstände über Holzkohlenfeuer oder über einer Bunsenflamme so lange, bis das Wachs brennt, und setzt unter stetem Drehen der Gegenstände diese Prozedur fort, bis die Flammen des brennenden Wachses verlöschen. Man taucht die Gegenstände dann in Wasser, kratzt die Ob-

jekte mit verdünnter Essigsäure und poliert sie nach dem Trocknen.

Je nachdem man den Goldton röter oder grüner haben will, präpariert man das Glühwachs mit einem höheren Gehalt an Kupfersalzen bzw. Zinksalzen. Die erste Vorschrift von den nachstehenden dient für rote Töne, die zweite für grüne.

Wachs	32 g
Grünspan in Pulver	22 g
Zinkvitriol, pulv.	11 g
Kupferasche	10 g
Blutstein, pulv.	16 g
Eisenvitriol	6 g
Borax	3 g.

Die Vorschrift für grünliche Töne lautet:

Wachs	35 g
Grünspan in Pulver	12 g
Zinkvitriol, pulv.	24 g
Kupferasche	6 g
Blutstein, pulv.	15 g
Eisenvitriol	6 g
Borax	2 g.

Das Glühwachs wird wie folgt bereitet: Zuerst wird in einem eisernen Kessel das Wachs geschmolzen und dann werden die in einer Porzellanreibschale pulverisierten und miteinander gemischten Produkte in das geschmolzene Wachs eingetragen. Man rührt mit einem Porzellanspachtel die Masse so lange, bis das Wachs anfängt zu erstarren. Das noch knetbare Gemisch wird dann von Hand in dünne Stängelchen geformt.

Es gibt auch noch andere Methoden, auf chemischem Wege spezielle Töne herzustellen, und zwar bedient man sich diverser Breie aus den verschiedensten Substanzen, die mit einem Pinsel auf die Waren aufgetragen werden. Die so bepinselten Gegenstände werden dann bis zur Schwarzfärbung erhitzt und dieselben dann wie beim Glühwachsen mit Essigsäure gekratzt, getrocknet und poliert.

Eine satte Goldfarbe erreicht man z. B. mit folgender Mischung:

pulv. Alaun	3	Teile
„ Kalisalpeler	6	„
„ Zinkvitriol	3	„
„ Chlornatrium	3	„

Erwähnt sei schließlich noch die Methode der Tönung der Goldniederschläge durch Auftragen von rötlichen oder grünlichen Lacken oder von Gemischen derselben. Solche Lacke werden meist mit dem Pinsel aufgetragen und es werden solcherart die verschiedensten Effekte auf vergoldeten Waren erzielt. In neuerer Zeit wird eine

Imitation der Mattvergoldung durch Aufspritzen einer Goldbronze, die in Zapon suspendiert ist, erzielt, indem man mittelst komprimierter Gase (Kohlensäure oder Luft von $1^1/_2$—2 Atm.) diesen Lack durch verstellbare Düsen auf die zu überziehenden Teile leitet. Anspruch auf Solidität kann natürlich diese Vergoldung nicht machen, da sie mit dem Grundmetall keine metallische Verbindung hat und leicht wieder weggewischt werden kann.

Verplatinierung.

Die hervorragenden Eigenschaften des Platins in chemischer Hinsicht, speziell seine Unangreifbarkeit veranlaßten den Galvanotechniker schon seit vielen Jahren, auch brauchbare Bäder zur Verplatinierung zu konstruieren. Heute gibt es auch verschiedene Vorschriften, doch ist es noch nicht geglückt, ein Bad zu finden, das mit guter Stromausbeute und gutem Wirkungsgrad arbeiten würde.

Platinbäder. Eine der besten Vorschriften stammt von Böttger, der eine Lösung von Platinsalmiak in zitronensaurem Natron verwendet. Langbein hat das Bad genauer untersucht und nennt folgendes Rezept: 500 g Zitronensäure werden in 2 l Wasser gelöst und mit Ätznatron neutralisiert. In die siedende Lösung trägt man unter Umrühren den aus

75 g trockenem Platinchlorid frisch gefällten Platinsalmiak ein, erhitzt bis zum vollständigen Lösen, läßt erkalten und verdünnt mit Wasser bis auf 5 l Bad. Dem Bade kann als Leitsalz pro Liter 4 bis 5 g Chlorammon zugesetzt werden.

Die Bereitung des Platinsalmiaks. In die konzentrierte Lösung von Platinchlorid wird so lange Salmiak eingetragen, bis im Fitrat durch weiteren Zusatz von Salmiak keine gelbe Färbung mehr zu bemerken ist. Der Niederschlag wird gewaschen und stellt den Platinsalmiak dar. Er kann sofort in die siedende Lösung von zitronensaurem Natron eingetragen werden. Oben erwähntes Bad arbeitet bei 80 bis 90° C, bei 5 bis 6 Volt und kleiner Elektrodenentfernung. Die angewandte Stromdichte muß sehr hoch sein, damit bei der an und für sich geringen Stromausbeute in bestimmter Zeit ein einigermaßen starker Niederschlag resultiert.

Von Pfanhauser sen. stammt folgende Vorschrift für eine helle Verplatinierung:

Wasser	1 l
Phosphorsaures Ammoniak	20 g
Phosphorsaures Natron	100 g
Platinchlorid	4 g

Das Bad wird wie folgt bereitet: 4 g Platinchlorid werden in 100 ccm Wasser gelöst, ferner wird eine Lösung von 20 g phosphorsaurem Ammoniak in 200 ccm Wasser hergestellt. Beide Lösungen werden unter stetem Umrühren zusammengegossen, wobei sich ein gelber Niederschlag bildet. Der Niederschlag wird schließlich in einer Lösung von 100 g phosphorsaurem Natron in 0,7 l Wasser gelöst und man erhält so das fertige Bad. Das Bad soll siedendheiß gehalten werden, als Anoden dienen Platinanoden. Badspannung ca. 4,5 Volt.

Der Vollständigkeit halber sei auch noch das milchsaure Platinbad von Joodis erwähnt (vgl. Dr. Eduard Joodis, „Die Elektrolyse wässeriger Metallsalzlösungen 1901).

Die Ausführung des Verplatinierens schließt sich eng an die bei der Vergoldung erwähnten Maßnahmen an. Kupfer, Tombak und Messing lassen sich direkt verplatinieren, andere Metalle müssen erst solide verkupfert werden. Die Platin-

anoden gehen nur ganz unmerklich in Lösung und es müssen die Platinbäder konstant mit Platin verstärkt werden, wozu am besten Platinsalmiak dient. Stärkere Platinniederschläge sind nur durch mehrmaliges Platinieren zu erhalten und müssen die Gegenstände zwischendurch gekratzt werden.

Palladium-, Iridium-, Rhodiumbäder.

Praktischen Wert haben diese Bäder bisher nicht erreicht, sie seien nur der Vollständigkeit halber erwähnt.

Bertrand scheidet Palladium z. B. aus einer neutralen Lösung des Doppelsalzes Palladiumchlorid — Ammonchlorid aus. Er verwendet 5—6 Volt Spannung hierzu.

Pilet empfiehlt folgendes Bad:

Wasser	1 l
Palladiumchlorid	5 g
Ammonphosphat	50 g
Natriumphosphat	250 g
Benzoesäure	$2^1/_2$—3 g

Als Anoden dienen Palladiumbleche. Die Bäder werden siedend heiß verwendet. Analog obigen Vorschriften für Palladiumbäder lassen sich auch Bäder zur Herstellung von Iridium- und Rhodiumniederschlägen konstruieren.

Verzinken.

Man verzinkt im allgemeinen bloß Eisen oder Stahlwaren, um diese gegen Rost zu schützen.

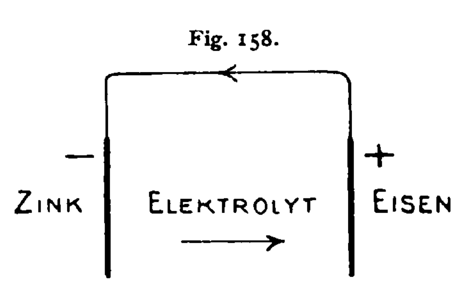
Zufolge der Theorie über das Entstehen galvanischer Ströme fällt dem Zink eine außerordentlich hohe Lösungstension zu, wie bereits im theoretischen Teil (Entstehen elektrischer Ströme) gesagt wurde.

Es ist nun leicht, sich vorzustellen, daß der verzinkte Eisengegenstand, sobald Feuchtigkeit zwischen Eisen und die Zinkschichte gelangt, als ein galvanisches Element aufgefaßt werden kann von der in umstehender Zeichnung dargestellten Form.

In dieser galvanischen Kette ist Zink die Lösungselektrode, der negative Pol des Elementes, Eisen der positive Pol. Der Strom verläuft also innerhalb dieser Kette vom Zink zum Eisen, es wird daher Zink oxydiert, Eisenoxyde (wenn solche da sein sollten) zu metallischem Eisen reduziert, jedenfalls aber eine Oxydation des Eisens verhindert. Die rostschützende Wirkung des Zinküberzuges hält so lange an, bis das Zink aufgebraucht, das heißt oxydiert ist. Man macht daher die Zinkschichte möglicht stark, um recht lange Zeit die galvanische Kette intakt zu erhalten.

Es leuchtet nun aber ein, daß kein Metallüberzug, sei er auch noch so vorsichtig aufgetragen, frei von Poren ist, durch die nicht noch immer Feuchtigkeit bis zum Eisen eindringen kann. Natürlich werden solche Zuführungskanäle um so eher sich zeigen, je dünner die Metallüberzüge hergestellt werden. Nun ist man aber bei der Verzinkung auf heißem Wege im geschmolzenen Zinkbade nur durch Anwendung mechanischer Hilfsmittel, wie Bürst- oder Abstreifvorrichtungen in der Lage, einem übermäßigen Aufbringen des rostschützenden Zinks entgegenzuarbeiten. Diese mechanische Bearbeitung des Zinküberzuges verursacht aber ganz besonders das stellenweise Bloßlegen des Grundmetalles und es darf nicht wundernehmen, daß Objekte, die auf heißem Wege unter Anwendung solcher metallsparender Einrichtungen verzinkt wurden, nicht mehr als rostsicher gelten können. Durch das Wegschaffen der zu oberst liegenden reinen Zinkmassen bei solchen Verfahren bleibt vorwiegend nur noch die Eisen-Zinklegierung übrig, die infolge ihres Eisengehaltes an und für sich schon nicht mehr als Rostschutz gelten kann.

Fig. 158.



Die kleinere Zinkauflage bei der elektrolytischen Verzinkung aber ist immer noch ein sicherer Rostschutz, weil sich das Zink bei der Elektrolyse mathematisch genau an allen Teilen des Grundmetalles ansetzt und bei der Elektrolyse

zudem Zink abgeschieden wird, das fast 100% Feinzink darstellt, so daß es schon in schwacher Auflage als ganz vorzügliches Rostschutzmittel gelten kann.

Die technisch brauchbare Zinkabscheidung durch Elektrolyse, die bis vor wenigen Jahren noch großen Schwierigkeiten begegnete, ist heute als vollkommen gelöst zu betrachten.

Durch geeignete Wahl der Bäderzusammensetzung ist es gelungen, kohärentes Zink niederzuschlagen, während man früher meist nur von Zinkschwamm durchsetzte Niederschläge erzielen konnte. Die bekannte unangenehme Eigentümlichkeit der Zinkbäder, nicht in die »Tiefe« zu arbeiten, wurde durch zweckentsprechende Anordnung der Elektroden sowie durch Zusätze zum Zinkbad, welche die Stromlinienstreuung innerhalb des Bades vergrößern, wie Pyridin u. dgl. behoben.

Man kann wohl schon behaupten, daß die elektrolytische Verzinkung die alte Feuerverzinkung bald verdrängt haben wird, da ja unter Benutzung der ersteren nicht nur die Arbeitsweise erleichtert, sondern bei weit geringerem Verbrauch an Zink eine dauerhaftere Verzinkung und damit ein sicherer Rostschutz erreicht wird.

Der Minderverbrauch an Zink durch elektrolytische Verzinkung gegenüber der Feuerverzinkung kann ohne Übertreibung mit 90% angenommen werden.

Gleichmäßigkeit der Zinkniederschläge. Mehr als bei irgendeiner elektrolytischen Metallabscheidung macht sich gerade bei der Verzinkung die geringe Streuung der Stromlinien (siehe theoretischen Teil) bemerkbar.

Der Stromübergang im Elektrolyten vollzieht sich im Zinkbad nach dem kürzesten Weg, so daß Teile der Ware, welche von einer geraden plattenförmigen Elektrode, wie sie bei allen anderen Elektroplattiermethoden gebräuchlich sind, weiter entfernt sind, stets viel schwächer, häufig sogar überhaupt nicht verzinkt erscheinen. Bei mäßig dimensionierten Objekten wie Tassen, Tellern u. ä. läßt sich ein gleichmäßiger Zinkniederschlag dadurch erreichen, daß man die Objekte etwas weiter von den Anoden weghängt. Wie groß diese Entfernung sein muß, läßt sich im vorhinein für alle Fälle nicht festlegen, sie

wird lediglich von der Art und Weise der Profilierung des Gegenstandes abhängig sein.

Es wird jedermann einleuchten, daß dieses Auskunftmittel nur für kleine Gegenstände maßgebend sein kann. In größeren Fabriksbetrieben, wo täglich so und so viel Kilogramm Zink elektrolytisch auf die zu verzinkenden Waren niedergeschlagen werden sollen, ist eine große Elektrodenentfernung ausgeschlossen, weil dadurch bei gleicher Stromdichte auf den Quadratdezimeter eine bedeutend höhere Badspannung erforderlich wird. Dieser so entstehende größere Wattverbrauch für die gleiche Arbeit bedingt größere Betriebskosten, da die erforderliche Maschinenanlage entsprechend größer eingerichtet werden muß, und man läuft dann Gefahr, mit der Konkurrenzfähigkeit der elektrolytischen Verzinkungsmethode hinter der gewöhnlichen Verzinkung auf trockenem Weg zurückzubleiben.

Gegenstände, die aus Eisenblech hergestellt werden und verzinkt sein sollen, wird man praktisch so behandeln, daß man zuerst das Eisenblech verzinkt und dieses dann weiter zu beliebigen Gegenständen verarbeitet.

Es stehen aber auch andere Mittel zu Gebote, einen gleichmäßig auch in die Tiefe gehenden Zinkniederschlag zu erhalten; dies ist die Anwendung von Profilanoden, die den zu elektroplattierenden Objekten entsprechend geformt sind, und die Beimengung solcher Leitsalze bzw. Substanzen zum Elektrolyten, die eine gleichmäßige auch in die Tiefe wirkende Zinkausscheidung bewirken. Wann man die eine oder die andere Methode anwendet, wird später bei den einzelnen Anwendungen der elektrolytischen Verzinkung besonders erwähnt werden.

Ein Übelstand der elektrolytischen Verzinkung sei jedoch an dieser Stelle besprochen. Dieser tritt immer dann im Gegensatz zur Verzinkung im geschmolzenen Metallbad auf, wenn gleichzeitig mit der Verzinkung ein Abdichten von Fugstellen, z. B. bei Wassereimern aus Blech u. dgl., bezweckt werden soll. Das Ablagern größerer Zinkmassen an solchen Fugstellen, um solche zu überbrücken und auf diese Weise abzudichten, ist wohl durch Anwendung besonderer Hilfsmittel möglich — aber keinesfalls rentabel, und man müßte schon

das Abdichten durch vorheriges Verschweißen oder durch abdichtende Einlagen bewirken, kann dann aber natürlich noch immer weit besser diese Gegenstände aus vorher elektrolytisch verzinktem Blech herstellen.

Die elektrolytische Verzinkung erfordert eine peinlichst genau durchgeführte Reinigung der zu verzinkenden Flächen, ehe man solche dem Strome aussetzt; andernfalls haftet die Verzinkung schlecht, oder es bleiben selbst unverzinkte Stellen übrig. Als Beizen dienen die allgemein üblichen, meist warmen Schwefelsäure- oder Salzsäurebeizen, die man sich durch Verdünnen der konzentrierten Säuren mit Wasser meist im Verhältnis 1 : 10 bis 1 : 5 herstellt. Die gebeizten Teile müssen, ehe sie ins Zinkbad kommen, möglichst von den anhaftenden Säureteilchen durch intensives Spülen mit reinem, fließenden Wasser und praktischerweise gleichzeitig mit einem Scheuermittel oder durch Bürsten von eventuell fester sitzenden Zunderpartikelchen befreit werden. Diese Bearbeitung muß so rasch erfolgen, daß die reinen Eisenflächen nicht wieder einen oxydischen Anlauf zeigen, bis sie in den Elektrolyten gelangen.

Untersuchungsmethoden für die Güte der Verzinkung. Eine Zusammenstellung gut durchdachter Methoden zur Bestimmung der Eigenschaften der Verzinkung, und zwar die elektrolytische Verzinkung verglichen mit der Verzinkung auf heißem Wege, verdanken wir Prof. Charles F. Burgess. Er unterscheidet verschiedene Eigenschaften, von denen der Wert einer Verzinkung abhängt, und zwar:

1. Die Dauerhaftigkeit des Zinkes und Schutz des darunter liegenden Metalles gegen zerfressende Einflüsse durch den Zinküberzug.
2. Anhaften des Zinküberzuges am Grundmetall.
3. Zähigkeit und Biegsamkeit des Überzuges.
4. Zusammenhang, Dichtigkeit und Gleichmäßigkeit in der Stärke des Überzuges.
5. Widerstand des Zinkes gegen mechanische Beanspruchung durch Abschabung.

Burgess wendet sich bei Besprechung dieser Meßmethoden bereits gegen die leider noch immer gültige Tauchprobe in

neutraler 20prozentiger Kupfersulfatlösung als Maßstab für die Rostsicherheit einer Verzinkung. Verschiedene amtliche, althergebrachte Bestimmungen schreiben speziell für verzinkte Drähte eine gewisse Anzahl von Tauchungen von 1 Minute vor, die ein verzinkter Draht bestimmten Durchmessers aushalten muß, ehe sich der Gegenstand der Prüfung mit einer zusammenhängenden roten Kupferhaut bedeckt zeigt. Es wird wohl durch diese Kupfervitriolprobe annähernd gelingen, relativ zu bestimmen, welche Menge von Zink auf einer bestimmten Fläche verzinkten Materials aufgetragen ist; aber es treten schon Unregelmäßigkeiten bei diesen Proben ein, wenn z. B. die elektrolytische Verzinkung, die mit chemisch reinem Zink arbeitet, mit der Heißverzinkung verglichen wird, die ein durch Fremdmetalle, wie Eisen, Antimon, Blei u. a. in Form von Legierungen verunreinigtes Zink gibt. Die Reinheit des Zinkes, das auf den zu schützenden Eisengegenstand aufgetragen wird, ist aber in allererster Linie für die Haltbarkeit des Überzuges maßgebend, denn es hat sich gezeigt, daß reines Zink, wenn es dicht und in sich vollkommen geschlossen auf Eisen aufgetragen ist, gar nicht so leicht zerstört wird, während Legierungen des Zinkes mit anderen elektronegativeren Metallen durch Bildung von Kurzschlußelementen (bei Gegenwart von Feuchtigkeit) außerordentlich rasch angegriffen werden. Darauf basiert nun gerade der Vorteil der elektrolytischen Verzinkung der Heißverzinkung gegenüber, daß man mit einer weit kleineren Metallauflage ausreicht. Es ist hohe Zeit, daß sich die Behörden dazu entscheiden, diese nach Einführung der elektrolytischen Verzinkung veraltete Probe auf die Rostsicherheit durch eine geeignetere Methode zu ersetzen, die lediglich auf Konstatierung der Reinheit und der Bestimmung einer den Verhältnissen anzupassenden Minimal-Zinkauflage hinauszulaufen hätte.

Das Festhaften der Verzinkung auf dem Grundmetall kann durch Abreißversuche leicht ermittelt werden, indem man auf die aufgetragene Zinkschichte einen Metallzylinder festlötet und durch Anwendung von Zugkräften die Überzüge zum Lostrennen bringt. Es hat sich dabei gezeigt, daß in

keinem Falle, ob nun das Eisen heiß oder in wässeriger Lösung verzinkt wurde, eine wirkliche innige Legierung stattfand, sondern nur ein mehr oder weniger inniges Ineinanderwachsen von Metallkristallen. Während nun z. B. heißverzinkte Objekte eine Haftfestigkeit der Zinkhaut (z. B. verzinktes Handelsblech) von 117 kg pro Quadratzoll ergaben, konnte eine Festigkeit der elektrolytischen Verzinkung aus den üblichen schwachsauren Elektrolyten im Mittel mit 217 kg konstatiert werden. Geringer war die Haftfestigkeit der aus cyankalischen bzw. alkalischen Lösungen gewonnenen Verzinkung, und zwar 104 kg pro Quadratzoll. Untersucht man derartig elektrolytische Zinkniederschläge aus alkalischen Lösungen, so findet man auch sofort, daß sich mikroskopische Bläschen, die oft größere Dimensionen annehmen, zwischen Grundmetall und Zinkhaut befinden, was aber bei den jetzt allgemein in Anwendung befindlichen schwachsauren Bädern nur selten eintritt.

Die Zähigkeit und Biegsamkeit der elektrolytischen Zinkniederschläge braucht heute wohl nicht mehr besonders erwähnt zu werden. Die Vorschriften in dieser Beziehung lassen an Präzision nichts zu wünschen übrig, und wenn z. B. für verzinkte Drähte die Bedingung gestellt wird, daß sie sich auf einen Dorn vom zehnfachen Drahtdurchmesser aufwinden lassen müssen, ohne daß der Zinkniederschlag reißt, so muß es sich schon um eine schlechte Verzinkung durch Elektrolyse handeln, wenn sie dieser Probe nicht standhalten würde. Die von Burgess angestellten schärferen Proben, die darin bestanden, die verzinkten Stücke durch Auswalzen zu dehnen, um die Zähigkeit des Überzuges zu prüfen, ergaben für die elektrolytische Zinkhaut die denkbar günstigsten Resultate.

Zusammenhang, Dichtigkeit und Gleichförmigkeit des Überzuges. Die Porosität bestimmt in hohem Maße die Korrosion. Aus mikroskopischen Untersuchungen fand man eine außerordentliche Porosität der Feuerverzinkung, ja man konnte sogar solche Poren mit bloßem Auge sehen, wenn man den Überzug gegen das Licht hielt. Es wurde gefunden, daß die Kontaktlinien zwischen den die Oberfläche

feuerverzinkter Objekte kennzeichnenden eisblumenartigen Kristallen durch eine große Anzahl von Durchbrechungen der Zinkschichte markiert sind. Auch elektrolytische Zinkniederschläge erwiesen sich porös, solange die Metallhaut nicht eine bestimmte Stärke erreicht hatte. Auflagen von etwa 100 g bei gut entzunderten gebeizten Blechen zeigten schon keinerlei Perforation mehr.

Der Widerstand des Zinküberzugs durch mechanische Beanspruchung zeigte sich gleichwertig bei der Feuerverzinkung mit der bei der elektrolytischen Verzinkung. Es wurden hierzu eine Anzahl gleich großer Proben in eine mit Quarzsand gefüllte Scheuertrommel gebracht und die Abnutzung durch Wägung bestimmt. Dieser Abnutzung widersteht die Zinkschichte begreiflicherweise um so länger, je stärker sie ist.

Wirkungsgrad der elektrolytischen Verzinkung. Unter dieser Bezeichnung wird das Gewichtsverhältnis bezeichnet, welches sich ergibt, wenn man das Gewicht an abgeschiedenem Zink durch die Gewichtsabnahme der in den betreffenden Bädern hängenden Anoden dividiert. Einen praktischen Wert hat diese Berechnung nun keinesfalls, wenn man bedenkt, daß die Stromausbeute bei der elektrolytischen Zinkabscheidung in modernen Zinkbädern kaum von 100 % differiert. Eine Beeinflussung der Zahl für den angeblichen Wirkungsgrad des elektrolytischen Prozesses kann nur durch ein intensiveres Lösen der Anoden über das theoretische Maß, das der eigentlichen Stromarbeit entspricht, zuungunsten dieser Zahl eintreten. Löst sich weniger Zink, als dem theoretischen Wert entspricht, so muß dies naturnotwendig auf Kosten des Metallgehaltes der Lösung geschehen. Solche Zinkbäder verarmen an Zink und werden an Säure reicher. Man erhält dann wohl sogar einen Wirkungsgrad, der über 1,00 liegt, aber man muß dem Elektrolyten das fehlende Metall in Form von Zinksalz zuführen, und es leuchtet ein, daß man dabei teurer wegkommt, als ob man gewissermaßen automatisch durch Stromarbeit das sich ausscheidende Zink von den Metallanoden wieder ergänzt. 100 kg Zink in Form von Zinksalz sind immer teurer als 100 kg Zink in metallischer Anoden-

form. Durch Amalgamation der Zinkanoden kann man außerdem mit Leichtigkeit einer übermäßigen Auflösung des Anodenzinks vorbeugen, wenn man nicht vorzieht, die Anoden bei Betriebspausen aus den Bädern zu heben, um einen unnötigen Angriff des Elektrolyten auf die Anoden zu vermeiden. Am konstantesten hält man die Badzusammensetzung unstreitbar dadurch, daß man die Bäder in dauerndem Betrieb erhält. Durch Herausschöpfen von Lösung beim Ausnehmen der verzinkten Waren und durch Einlegen der mit Spülwasser behafteten Waren zu Beginn der Verzinkung ist eine zunehmende Verdünnung des Elektrolyten ohnehin unvermeidlich, und braucht man nur für geeignetes Anodenmaterial bestimmter Härte zu sorgen, um einer solchen Verdünnung des Elektrolyten, unbekümmert um den »Wirkungsgrad«, zu begegnen.

Einrichtungen zum Verzinken. Die Verzinkung mit Elementbetrieb wird nur in ganz ausnahmsweisen Fällen ausgeführt werden, weil dies zu kostspielig ist.

Soll ausnahmsweise, etwa für kleine Versuche, mit Bunsenelementen gearbeitet werden, so verbinde man drei entsprechend große Elemente auf Spannung und schalte einen Stromregulator in den Stromkreis; da die Spannungsverhältnisse für ein Zinkbad annähernd dieselben sind wie für ein normales Nickelbad, so wird auf den dort behandelten Abschnitt verwiesen, es sei aber nochmals wiederholt, daß dieser Betrieb teuer kommt, und gerade bei der Verzinkung wird sich die Überlegenheit einer Anlage mit Dynamobetrieb gegen kleinere Anlagen mit Elementen bemerkbar machen.

Wird mit Dynamomaschinen gearbeitet, so richtet sich die erforderliche Klemmenspannung ganz und gar nach den Objekten, die verzinkt werden, und der Art, wie gearbeitet werden kann. Da man mitunter gezwungen sein wird, größere Elektrodenentfernungen anzuwenden, so muß dementsprechend eine Dynamomaschine mit höherer Klemmenspannung in Anwendung kommen, für gewöhnlich aber werden 4 bis 5 Volt ausreichend sein. In großen Betrieben (etwa in Eisenblech-, Draht- oder Rohrverzinkereien), wo stets gleichartige Gegenstände verzinkt werden, wird sich die Hintereinanderschaltung von Bädern ausführen lassen, und man wird dann aus Kalku-

lationsrücksichten Zinkbäder verwenden mit tunlichst niedrigem Widerstand, um kleine Werte für die Badspannung zu erhalten.

Man kann bei der Serienschaltung der Bäder erheblich an Leitungsmaterial sparen, und auch die verwendete Maschine, da sie mit höherer Spannung gebaut wird, wird günstiger arbeiten als eine ebenso große mit der halben Spannung und der doppelten Stromstärke.

Ist dies aber untunlich, kann man der gleichmäßigen Beschickung der Bäder nicht die erforderliche Aufmerksamkeit zuwenden, so ist eine Anlage sehr praktisch, in der für jedes große Bad eine eigene Maschine, eventuell Aggregat vorhanden ist, die entweder voll ausgenützt oder, wenn das Bad nicht zu arbeiten hat, leicht abgestellt werden kann. Man erreicht so in größeren Betrieben das Maximum an Ausnützung der Maschine und das Minimum an Kosten für den Antrieb der stromliefernden Dynamo.

Die elektrolytischen Zinkbäder. Jedes halbwegs brauchbare Zinkbad läßt sich heute verwenden, und es ist nur eine gute Wahl insofern geboten, als man (aus ökonomischen Gründen) dasjenige wählen wird, welches den geringsten Widerstand und dabei den kleinsten Wattverbrauch besitzt; besondere Wünsche betreffs Farbe und Glanz des Niederschlages sind durch spezielle Zusätze leicht zu erreichen, natürlich muß der aus dem betreffenden Bad erhältliche Niederschlag die wünschenswerten mechanischen Eigenschaften besitzen.

Im Anfangsstadium der Anwendung der Elektrolyse in der Verzinkung wurden die Natriumzinkatbäder benutzt, die man durch Lösen von Zinkvitriol in verdünnter überschüssiger Ätznatronlauge erhält; manche Praktiker gaben auch Cyankalium hinzu. Diese alkalischen Bäder sind schon deswegen für den Großbetrieb ungeeignet, weil deren Anschaffungskosten ziemlich bedeutend sind und das Arbeiten mit der konzentrierten Ätznatronlauge, die immer im Überschuß vorhanden sein muß, lästig ist.

Man ist von diesen alkalischen Zinkbädern seit langem fast ganz abgekommen und verwendet heute für die Verzinkung von Eisenblech und nicht allzu voluminösen Gegenständen vor-

wiegend schwachsaure Elektrolyte. Brauchbare Niederschläge auf flache Gegenstände erhält man z. B. aus folgendem einfachen Bade:

I. **Wasser** . . . . 1 l
Zinksulfat . . . . 150 g
Ammonsulfat . . . . 50 g
Borsäure . . . . 10 g

Stromdichte	Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung	Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung
0,3 Amper	1,0 Volt	0,25 Volt
0,5 „	1,4 „	0,41 „
0,75 „	1,9 „	0,61 „
1,00 „	2,5 „	0,83 „

Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: $14^1/_2$° Bé
Spez. Badwiderstand: 1,62 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0198
Stromausbeute: 100 %
Niederschlagstärke in 1 **Stunde** (bei 1 Amper Stromdichte): 0,0173 mm.

Bereitung des Bades:

Nachdem man sich darüber klar geworden, wie viel Liter Bad man zu bereiten hat, löst man in dem vierten Teile der für das Bad nötigen Wassermenge das Zinksulfat (am besten warm), in dem doppelten Quantum (also $^2/_4$ der Gesamtmenge) das Ammonsulfat, das sich auch in der Kälte leicht löst; die Lösung des Ammonsulfates kann man in dem für das Bad bestimmten Behälter besorgen, die des Zinksulfates in geeigneten Gefäßen, die gegen Temperaturänderungen unempfindlich sind. Ist alles Ammonsulfat gelöst, so gießt man die Zinksulfatlösung unter Umrühren dazu und setzt das letzte Viertel der zur Badbereitung erforderlichen Wassermenge zu. Das Bad arbeitet sofort gut ohne Abkochen oder Durcharbeiten.

Langbein*) empfiehlt für diese Zwecke ein sehr verläßlich arbeitendes Zinkbad folgender Zusammensetzung, das sich durch einen sehr geringen spezifischen Badwiderstand auszeichnet:

II. Schwefelsaures Zinkoxyd, krist. chem. rein . 20,0 kg
Schwefelsaures Natron, krist. rein . . . . 4,0 kg
Chlorzink, chem. rein . . . . 1,0 kg
Borsäure, krist. 0,5 kg
in Wasser zu 100 l Bad gelöst.

Mit Hilfe dieses Zinkbades sind gute Resultate bei der Blechverzinkung zu erreichen und haben nachstehende Stromverhältnisse Gültigkeit.

Badspannung bei 10 cm Elektrodenentfernung und 45° C	1,1	1,5	1,8	2,2	2,4	2,7	3,7 Volt
Stromdichte dabei	0,55	0,75	0,95	1,15	1,25	1,45	1,9 Amper

Badspannung bei 10 cm Elektrodenentfernung und 45° C	0,9	1,05	1,25	1,40	1,8	2,0	2,3	3,5 Volt
Stromdichte dabei	0,7	0,8	1,0	1,1	1,4	1,55	1,8	2,75 Amper

Der Verfasser gestattet sich jedoch, darauf hinzuweisen, daß mit steigender Badtemperatur unbedingt eine Erhöhung des Minimums an anzuwendender Stromdichte stattzufinden hat, weil bekanntermaßen bei hoher Temperatur bei gleichbleibender Stromdichte die Stromausbeuten sinken und das Aussehen des Zinkniederschlages besonders leidet, wenn mit zu kleiner Stromdichte gearbeitet wird. Langbein empfiehlt für dieses Bad auch einen Zusatz von 25—30 g Dextrose pro 1 l Bad, ein Zusatz, der aber bereits Dr. Szirmay und von Kollerich in Verbindung mit Magnaliumsulfat enthaltenden Lösungen patentiert wurde.

Es würde zu weit führen, hier alle die Zinkbadzusammensetzungen aufzuzählen, die im Laufe der letzten Jahre empfohlen wurden. Es sei nur kurz auf die verschiedenen speziellen Zusätze hingewiesen, die zu den bekannten Elektrolyten

*) Langbein, VI. Auflage, pag. 381.

gemacht wurden, um vor allem glänzende Zinkausscheidungen zu erhalten. Erwähnenswert sind hiervon folgende:

Diverse Verzinkungsverfahren. Bessere Erfolge beim Verzinken sollen nach Schaag, Alexander u. a. durch Zusätze von Magnesium- oder Aluminiumsalzen erzielt werden. Wenn nun auch behauptet wird, es scheiden sich bei Anwendung solcher Salze mit dem Zink auch Magnesium und Aluminium ab, so sprechen doch die Analysen dagegen, denn Verfasser konnte nur Spuren solcher Metalle in den Zinkniederschlägen entdecken, und es liegt nahe, diese Spuren den stets vorkommenden Einschlüssen von kleinen Mengen des angewandten Elektrolyten zuzuschreiben. Nicht zu verkennen ist aber der Wert eines Gehalts an Aluminiumsalzen in Zinkbädern, denn diese bedingen stets, speziell bei Anwendung des richtigen Verhältnisses zwischen Badtemperatur, Metallgehalt der Lösung, Stromdichte und Art des Lösungsaustausches — eine nicht zu verkennende Erhöhung des Glanzes der Zinkniederschläge. Vergl. auch Seite 183.

Viel von sich reden machte s. Z. ein Verfahren von Cowper-Coles, der Zinksulfatlösungen mit Bleianoden elektrolysierte und dadurch vermeiden wollte, daß die Bäder neutral werden und sich Zinkschwamm bilde. Die freie Schwefelsäure, die sich bei Verwendung unlöslicher Anoden bildete, wurde benutzt, um fein verteiltes Zink während der Zirkulation der Lösung in dem Maße aufzunehmen, wie es durch die Elektrolyse dem Elektrolyten entzogen wurde. Ein großer Nachteil dieses Verfahrens ist aber der höhere Wattverbrauch, der durch Anwendung unlöslicher Anoden für die Fällung des Zinkes erforderlich ist, nebst dem Mehraufwand an mechanischer Kraft für den Betrieb des notwendigen Zirkulationspumpwerkes. Wenn nun auch das Anodenmaterial billiger ist als bei Anwendung der zumeist üblichen plattenförmigen Anoden aus gewalztem oder gegossenem Zink, da man hierbei Abfälle, in beliebiger Form verwenden kann, so zeigt eine genau angestellte Kalkulation, daß selbst bei der Annahme eines geringen Betrages für die effektive Pferdekraftstunde das Cowper-Coles'sche Verfahren bei gleicher Zinkauflage auf die Flächeneinheit teurer arbeitet als alle Verfahren mit löslichen Anoden.

Mehrfach angewendet wurde s. Z. das Verfahren nach Dr. Szirmay und von Kollerich in Budapest, das sich durch die Anwendung von Magnaliumsulfat bei Gegenwart von Zuckerarten in der Lösung charakterisiert. Die mit diesem Bade erzielten Resultate müssen als gut bezeichnet werden, jedenfalls gelingt es schon mit einem verhältnismäßig niedrig liegenden Stromdichtenminimum zu arbeiten und trotzdem ein sehr hübsch aussehendes Zink zu erhalten.

Nach Goldbergs D.R.P. 151336 wird ein Pyridinzusatz zu Zinkbädern empfohlen und es hat sich gezeigt, daß solchen Bädern tatsächlich die Eigenschaft innewohnt, gut zu streuen, d. h. verhältnismäßig gut in die Tiefen zu arbeiten und die zu verzinkenden Eisenobjekte schnell und gleichmäßig zu decken. Das Pyridinbad hat sich insbesondere speziell zur Verzinkung von Gußeisen geeignet erwiesen.

Einen großen Raum in der Patentliteratur nehmen die Patente ein, die speziell darauf hinzielen, glänzende Zinkniederschläge zu erzielen.

Jedes zur Kathode mit dem Strom wandernde Kolloid organischer oder anorganischer Natur ist dafür geeignet und sei auf die Ausführungen betreffend die Herstellung glänzender Metallfällungen hingewiesen.

Manche suchten den Zweck durch Zusätze schleimiger Substanzen zu erreichen, andere durch teilweises Gelatinieren der Lösung, andere setzen für diesen Zweck Gummi- oder Zuckerarten, schließlich selbst Bierhefe zu. Besser erprobt ist der von Classen zur Erreichung dieses Zweckes empfohlene Zusatz von Glukosiden (z. B. Seifenwurzelextrakt), doch sind die Mitteilungen aus der Technik über die Beständigkeit socher Bäder sehr verschieden. Es steht ganz außer Zweifel, daß durch derartige Zusätze der erhoffte Erfolg vorübergehend bzw. auf einige Zeit erzielt wird aber im dauernden Betrieb scheinen sich diese Elektrolyte nicht zu halten, zumindest nicht konstant die selbe Wirkung zu ergeben. Bemerkenswert ist, daß die Glanzbildung vor allem von der Erteilung einer nicht zu unterschreitenden Minimal-Stromdichte abhängt, und diese scheint im Laufe der Zeit stets zu steigen, bis die zur Erzielung derselben aufzuwendende Badspannung aus kalkula-

torischen Gründen der weiteren Verwendbarkeit des Bades ein Halt gebietet.

Es steht jedenfalls fest, daß man den wünschenswerten Glanz bei galvanisch verzinkten Objekten verläßlicher auf mechanischem Wege herstellt, wobei man obendrein billiger fährt, als wenn man dies durch komplizierte chemische oder physikalisch-chemische Prozesse zu erreichen suchte.

Nach einem Patente des Verfassers wird Cyanquecksilberkalium in geringen Mengen alkalischen oder cyankalischen Zinkbädern zugesetzt, um ein Zinkbad zu erhalten, das selbst in die tiefsten Hohlräume profilierter Objekte arbeitet, und zwar kann man damit alle Objekte ebenso einwandfrei verzinken, wie man solche z. B. unter Anwendung plattenförmiger Messing- oder Kupferanoden in cyankalischen Bädern vermessingt und verkupfert. Der Preis eines solchen Zinkbades beschränkt zwar schon die Anwendung eines solchen Bades auf spezielle Gegenstände, und zwar wird dieses Bad stets nur benutzt, um Gegenstände, die auf gewöhnliche Weise nicht mehr elektrolytisch zu verzinken sind, während 3 bis 5 Minuten mit einem tadellosen, allerdings nur dünnen Niederschlag zu versehen. Der Überzug ist aber ausreichend, um darauf ohne Schwierigkeit in gewöhnlichen Zinkelektrolyten weiter verzinken zu können, um das gewünschte Gewicht an Zink auf den Gegenstand aufzutragen. Ein solcherart verzinkter Gegenstand nimmt im gewöhnlichen Zinkbade auch dort genügend Zink weiter auf, wo es sonst unmöglich wäre, eine Zinkausscheidung zu erhalten, wenn man nicht zu komplizierten Hilfsanoden seine Zuflucht nehmen würde.

Zinklegierungsbäder. Alle die Metalle, die in der Spannungsreihe dem Zink nahestehen, lassen sich mit diesem als Legierung abscheiden. Die Legierung mit Kupfer und Zink wurde bei der Vermessingung bzw. bei der Vertombakung (siehe auch Bronzebad) besprochen. Hier soll auch die Möglichkeit, die Abscheidung einer rostsicheren Legierung zu bewerkstelligen besprochen werden.

Eine Legierung von Zink mit Zinn ist z. B. aus folgender Lösung abzuscheiden:

III.	Wasser	1 l
	Chlorzink, geschm.	12 g
	Zinnchlorür, krist.	6 g
	Weinstein, pulv.	16 g
	pyrophosphorsaures Natron	5 g.

Die Lösung arbeitet bei Zimmertemperatur, und als Anoden nimmt man am besten Zink- und Zinnanoden nebeneinander in gleichem Verhältnis. Das Bad arbeitet am besten in der Wärme.

Ein oft gebrauchter Zusatz ist das Quecksilber in allen möglichen Salzen zwecks Erzielung von besser streuenden Bädern. Tatsache ist, daß Bäder mit Quecksilberzusatz, ebenso wie solche mit Zusatz von Zinn besser in die Tiefe arbeiten, doch ist unleugbar der Niederschlag dann weit brüchiger. Sehr geeignet zu allen Legierungen sind die alkalischen bzw. cyankalischen Elektrolyte. Besondere Bedeutung haben diese Zinklegierungen jedoch noch nicht erlangt.

Das Verzinken von Blechen. Das Verzinken der Bleche geschieht in einfacher Weise dadurch, daß die Bleche mit Hilfe spezieller Klemmen oder rahmenförmiger Einhängevorrichtungen zwischen 2 Anodenreihen in der Lösung exponiert werden. Werden Klemmen verwendet, so muß man während der meist $^3/_4$—1 stündigen Verzinkungsdauer die Kontakte wechseln, sonst würden die Bleche dort, wo die Klemmen saßen, nach erfolgter Verzinkung unverzinkte Stellen zeigen. Bei längeren Blechen, z. B. bei Dachblechen im Format 1×2 m, verwendet man mindest 3, meist 4 solcher Klemmen, um dieselben verschieben zu können, ohne das Blech aus der Lösung zu heben, wodurch Zeitverlust entstehen würde.

Um das Befestigen der Bleche mit Klemmen zu vermeiden werden auch Rahmen aus nichtleitendem Material verwendet, die keilförmig genutet sind (entweder nur am Boden oder auch an den Seitenwänden) und die in diesen Nuten die Kathodenzuleitung tragen. Der Rahmen enthält dann z. B. auf der der Badoberfläche zugekehrten Seite einen Schlitz, durch den die Bleche eingeführt werden. Die Stromzuführung erfolgt

---

*) William D. Treadwell schlug Nickelzink-Legierungen der verschiedensten Zusammensetzung aus den Gemischen der beiden Sulfate nieder. Diss. Zürich 1909.

durch Fortsätze dieser vertieft liegenden, der direkten Wirkung der Stromlinien entzogenen metallischen Teile, die in geeigneter Weise an die Kathodenarmatur des Bades durch Klemmen, Kabel oder leicht zu lösende Kontaktvorrichtungen bequem anzuschließen sind.

Werden Klemmen verwendet, die in den Elektrolyten eintauchen, so werden sie ebenfalls verzinkt werden und bald so stark mit Zink überzogen sein, daß ihre weitere Verwendbarkeit ausgeschlossen ist; man beizt die Klemmen dann von Zeit zu Zeit in einer Beize von

Salzsäure	1 Teil
Wasser	10 Teile

ab, bis die heftige Gasentwicklung aufgehört hat, was ein Zeichen ist, daß sich alles Zink abgelöst hat. Man wäscht die Klemmen gut ab, um keine Säure in das Zinkbad zu bringen, da dadurch die Zinkausscheidung leicht beeinträchtigt würde.

Nachdem die Bleche den gewünschten Zinkniederschlag erhalten haben, hebt man sie aus dem Bade, läßt die Lösung in die Wanne ablaufen, spült mit reinem Wasser ab und trocknet sie. Der Zinkniederschlag hat gewöhnlich ein halbglänzendes bzw. samtartig graues Aussehen; wünscht man solche Bleche glänzend, so kratzt man mit Metalldrahtbürsten oder mit Hilfe maschineller Kratzvorrichtungen.

Als **Anoden** wähle man 5 bis 10 mm starke **Zinkplatten**, die an Zinkstreifen angenietet sind. Will man nicht Zinkplatten von der gleichen Größe wie die zu verzinkenden Bleche verwenden, so hänge man mehrere Platten nebeneinander ein, ohne Zwischenraum (oder nur 1 bis 2 cm voneinander) und in solcher Anzahl und Größe, daß sie eine einheitliche Anode ersetzen können. Als Bedingung aber gilt, daß die Anoden die gleiche Ausdehnung in Länge und Breite besitzen müssen wie die Bleche. Die Zinkanoden werden vorteilhafterweise amalgamiert.

Einen wesentlichen Wert beim

fabrikmäßigen Verzinken von Blechen haben nun Einrichtungen an den galvanischen Bädern, die eine sichere

Abstandsregelung der einzelnen Partien der zu verzinkenden Bleche zwischen den beidseitig von diesen hängenden Anoden bezwecken. Fast jedes Werk, das sich z. Z. mit der fabrikmäßigen elektrolytischen Blechverzinkung befaßt, besitzt spezielle Einrichtungen hierfür. Es ist begreiflich, daß man danach trachtete, solche Einrichtungen zu schaffen, wenn man die kleine Stromlinienstreuung der elektrolytischen Zinkbäder ins Auge faßt.

Bei den normal gebräuchlichen Elektrodenentfernungen spielen Differenzen in der Lage der Kathoden gegen die Anoden von 2—3 cm eine große Rolle, und wenn man in einem Bade, in dem gewöhnlich mehrere Bleche hängen, genau untersucht, wie sich der Gesamt-Badstrom auf die einzelnen Bleche und schließlich auf die einzelnen, verschieden exponierten Partien jedes Bleches verteilt, so kommt man leicht auf Differenzen von über 30 %.

Diese Differenzen in der Stromverteilung, gleichbedeutend mit analogen Differenzen in der Menge an aufgetragenem Zink steigern sich mit der Verringerung des Abstandes zwischen Anoden und Kathoden, und es war ein dringendes Bedürfnis, eine maschinell arbeitende Vorrichtung zu schaffen, die eine gleichmäßige Plattierung von Blechen, Bändern und dergl. bei rationellem Betriebe ermöglicht.

Die Blech-Galvanisiermaschine. Eine solche Maschine ist vom Verfasser konstruiert worden und haben die Langbein-Pfanhauser-Werke den Bau und den Vertrieb dieser Maschine übernommen. Sie ist natürlich für alle Arten von Galvanisierungen verwendbar.

Das Prinzip dieser Maschine basiert auf der Tatsache, daß bei heftiger Bewegung des Elektrolyten ganz enorm hohe Kathoden-Stromdichten zulässig sind, ohne daß das Metall pulverig ausfällt. Obschon nun diese Einrichtung für alle Blechgalvanisierungen anwendbar ist, sei sie an dieser Stelle speziell beschrieben, weil der leitende Gedanke bei der Konstruktion dieser Maschine zuerst der war, der Großindustrie für das elektrolytische Verzinken der Bleche und der breiteren Bänder ein sicher und rationell arbeitendes Hilfsmittel zu schaffen.

Die Galvanisiermaschine besteht im großen und ganzen aus folgenden Teilen:

1. Dem Traggerüst, unter welchem sich der Schöpftrog mit dem Elektrolytvorrat befindet, aus welchem ein Pumpwerk den Elektrolyten zu den Zutropfrohren schöpft,
2. dem System der Galvaninisierwalzen, die paarweise übereinander in bestimmtem Abstand angebracht und verstellbar sind,
3. aus dem System der Transport- bezw. der Kontaktwalzen,
4. einer Wasch-, Kratz- und schließlich Trockeneinrichtung, so daß die Bleche in gut verzinktem, glänzendem Zustande trocken die Maschine verlassen, um sofort versandbereit zu sein.

Die eigentlichen Galvanisierwalzen, die praktischerweise aus nichtleitendem oder aus einem im betreffenden Elektrolyten unlöslichen Material bestehen, werden von einem Mantel umgeben, der imstande ist, reichlich Elektrolyt aufzusaugen, wozu besondere Gewebe, Filz u. ä. verwendet werden können. Zwischen der Walze und diesem Mantel befinden sich die löslichen Metallanoden in Form von Blechzylindern. Ein gut gewähltes Umhüllungsmaterial für die Anoden bürgt dafür, daß der die Lösung aufnehmende Anodenmantel entsprechend der Abnützung der Anoden stets an die Anodenfläche angepreßt wird, damit auch bei fast vollständigem Verbrauch des Anodenmateriales die Walzen noch rund laufen und die Reste der Anodenzylinder getragen werden. Alle diese Anodenwalzen werden mit einer gemeinsamen Anodenleitungsschiene verbunden. Die Kathodenzuleitung erfolgt durch die zwischen den Galvanisierwalzenpaaren liegenden Transportwalzen.

Zum Betrieb der Pumpe ist 1 PS.-Motor ausreichend, während der eigentliche Antrieb der ganzen Maschine inkl. der Kratz- und Trockenwalzen etwa 4 PS. erfordert. Zur Kontrolle der Durchgangsgeschwindigkeit der zu galvanisierenden Bleche oder Bänder ist auf der Maschine ein geeichtes, mit den Transportwalzen in Verbindung stehendes Tachometer angebracht, das sofort anzeigt, mit welcher Ge-

schwindigkeit in Metern pro Minute die zu galvanisierenden Objekte die Maschine passieren.

Zur Bestimmung der Metallauflage, die bei einer bestimmten Durchgangsgeschwindigkeit und bei einer gemessenen, dem Apparat zugeführten Stromstärke Σi Ampères pro 1 qm der zu galvanisierenden Fläche ergibt, gilt für doppelseitige Galvanisierung von Blechen folgende Formel:

$$M = \frac{\Sigma i \cdot Ae}{V_m \cdot 60 \cdot B \cdot 2}$$

Soll nur einseitig galvanisiert werden, so gilt folgende Formel:

$$M = \frac{\Sigma i \cdot Ae}{V_m \cdot 60 \cdot B}$$

In diesen beiden Formeln bedeutet

M = Metallauflage pro qm Fläche in Gramm,
Σi = totale im Apparat angewandte Stromstärke in Amper,
Ae = Menge des sich pro Amperstunde ausscheidenden Niederschlagmetalles,
V_m = Durchgangsgeschwindigkeit in Metern pro Minute,
B = Breite des Bleches bzw. Bandes in Metern gemessen.

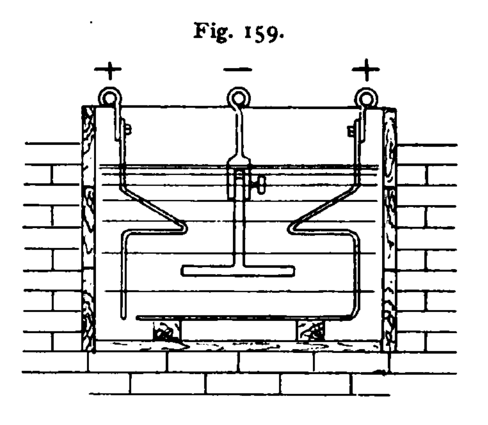
Als Bad dient beim Verzinken mit der Maschine ein nach praktischen Erfahrungen zusammengesetzer Elektrolyt höchsten Leitvermögens, dessen Leitfähigkelt durch entsprechende Erwärmung noch nach Tunlichkeit vergrößert wird, so daß man z. B. beim Verzinken von Eisen und Stahlblechen mit ca. 3 Volt arbeiten kann. Die Leistungsfähigkeit einer solchen Maschine ist im Verhältnis zu ihrem Raumbedarf ganz bedeutend, und man erhält ein in jeder Beziehung erstklassiges Produkt, das an allen Stellen mit tatsächlich gleichartiger Metallauflage versehen ist. Die Ersparnis an Bedienungspersonal ist endlich ein Faktor, der bei der Kalkulation der Verzinkungskosten sehr ins Gewicht fällt und der Maschine sicherlich schnell Freunde in der Technik verschaffen wird.

Verzinken von schmiedeeisernen Objekten, Trägern, Winkeln, T-Eisen etc. Wir wollen vorausschicken, daß unter diesem Kapitel die Verzinkung aller schmiedeeisernen

Objekte verstanden sei, welche von beträchtlicher Dimension in Länge und Breite sind. Solche Objekte wurden vielfach durch Ölfarbenanstrich gegen Rost zu schützen gesucht; es ist aber bekannt, daß derartige Anstriche nicht lange Zeit standhalten, sondern jedes Jahr, zum mindesten jedes zweite oder dritte Jahr erneuert oder ausgebessert werden müssen.

Gerade für solche Objekte, die zu Brückenkonstruktionen und dergleichen Verwendung finden, ist eine gute Verzinkung bestimmend für die Haltbarkeit; für Bauten, in denen der Anstrich überhaupt nicht ausgebessert werden kann, ist sie unersetzlich.

Fig. 159.



Verzinken profilierter Objekte.

Solche größere Objekte werden in gut streuenden Zinkbädern solid verzinkt, und zwar dehnt man die Verzinkungsdauer bis zu $1^1/_2$ Stunde aus, um eine möglichst starke Zinkschicht zu erlangen. Eventuell bedient man sich auch besonderer Hilfsanoden, um auch in die Ecken genügend Zink zu bringen. Die Reinigung geschieht am besten durch Sandstrahl oder durch Beizen.

Da die Gegenstände, die hier zur Sprache kommen, meistens nach allen drei Raumrichtungen ausgedehnt sind, so ist die Form der Anoden dementsprechend zu regeln, und man wird hier zu Profilanoden greifen, letztere so formend und der Ware gegenüber so anordnend, daß alle Teile der Ware annähernd den gleichen Abstand von den Anoden besitzen. Figur 159 zeigt z. B. die Anordnung der Anoden bei der Verzinkung eines einfachen größeren T-Trägers. Man arbeitet dann normalerweise mit Stromdichten von 2 Amper pro qdm bei Badspannungen von 2—3 Volt.

Elektrolytisches Verzinken von Drähten. Eisendrähte verzinkt man auf elektrolytischem Wege in der Weise, daß man die auf einer beweglichen Trommel aufgewickelten Drähte

abwickelt und nacheinander durch einen Reinigungsapparat, Spül- bzw. Beiz- und Spülkasten durch das Zinkbad und schließlich durch Waschwasser leitet. Die Stromzufuhr zu dem Draht, der auf beweglichen Rollen läuft, geschieht am besten von einer oder mehreren außerhalb der Badflüssigkeit mit der negativen Badleitung in Kontakt stehenden Metallrolle, während die Rollen, die die Führung des Drahtes im Bad selbst besorgen, aus einem Nichtleiter, zumeist aus Glas, Porzellan oder Holz hergestellt sind. Die Bäder allgemeiner Art sind auch hierfür verwendbar. Man hat die Durchzugsgeschwindigkeit stets so zu regeln, daß der Zinkniederschlag in genügender Stärke ausfallen kann, denn das Durchzugstempo im Verein mit der angewendeten Stromstärke ist ausschlaggebend für die Menge an niedergeschlagenem Zink.

Man wird praktischerweise mehrere Drähte nebeneinander parallel durch das Zinkbad führen, die Zinkplattenanoden zwischen je zwei Drähten anordnen.

Das Verzinken ganzer Drahtrollen ist ganz unzweckmäßig, weil immer einzelne übereinanderliegende Teile unverzinkt bleiben. Das Durchziehen bietet ja auch keine Schwierigkeit, da sich leicht Vorrichtungen konstruieren lassen, die, von kleinen Elektromotoren oder (falls eine elektrische Kraft fehlt) von einer Transmission aus angetrieben, das Abwickeln, Durchziehen und Wiederaufwickeln in einfacher, billiger und maschinell vollkommener Weise besorgen.

Maschinell wollte schon T. L. Hemming Drähte verzinken, indem er den Draht innerhalb eines verhältnismäßig kleinen Badbehälters von einer Trommel zur anderen überführte. Auch Rovello Syndicate und J. C. Howell*) benutzten rotierende Walzen in den Bädern, um die erforderliche Gleichmäßigkeit des Zinkniederschlages, die ja bei der Drahtverzinkung wichtiger als bei irgend einem anderen galvanotechnischen Verfahren ist, zu erreichen.

Es gehört mit zu den verwickeltsten Berechnungen für den Galvanotechniker, zu ermitteln, mit welchen Verhältnissen zu arbeiten ist, um auf rationelle Weise Drähte zu verzinken.

*) E. P. 8836 vom 25. 5. 1891.

Bei dünneren Drähten einerseits ist die Reißfestigkeit des Materials und der Spannungsabfall des im Bade exponierten Drahtes zu berücksichtigen — bei starken Drähten wieder der Druck der Drähte auf die Rollensysteme u. dgl. mehr. Alles in allem gehört eben eine umfassende praktische Erfahrung dazu, solche Anlagen für eine bestimmte Jahresproduktion zu projektieren und zu bauen. Die in einer Anlage bestimmter Größe zu erreichende Produktion hängt vor allem von der Geschwindigkeit ab, mit der die Drähte die Anlage passieren, und diese wieder von den Stromdichten bzw. Stromstärken pro Meter exponierten Drahtes. Letztere können erfahrungsgemäß nur durch viele eingehende Versuche auf Grund langjähriger praktischer Erfahrungen zur Berechnung herangezogen werden, denn es genügt nicht bloß, z. B. ein bestimmtes Gewicht des rostschützenden, elektrolytisch abgeschiedenen Zinkes auf die Drähte unter Einhaltung einer voraus ermittelten Durchzugsgeschwindigkeit aufzutragen, sondern man verlangt von dem abgeschiedenen Zink ein besonders inniges Haften am Draht, ein dichtes Gefüge und schließlich eine weitestgehende Biegsamkeit des abgeschiedenen Zinkes.

Man darf nun nicht denken, daß mit der Wahl des Elektrolyten allein, auch wenn diese noch so glücklich sein mag, alles getan sei. — Es gehören noch viele Erfahrungen technischer Art dazu, wie das Beizen, Entzundern etc. der gezogenen bzw. aus den Glühöfen kommenden Eisen- und Stahldrähte, ehe diese so vorbereitet sind, daß sie mit Aussicht auf guten Erfolg dem elektrolytischen Prozeß unterworfen werden dürfen. Zu diesen Reinigungsprozessen gehört nun auch die Behandlung der Drähte, je nach der Art des Mittels, welches beim Ziehen verwendet wurde. Am schwierigsten gestalten sich diese vorbereitenden Arbeiten, wenn mit Kupfervitriol gezogen wurde, während Drähte, die mit sogenannter »Ziehschmiere« behaftet sind, nur wenig Schwierigkeiten bei der Verzinkung bereiten.

Es hat sich gezeigt, daß manche Drahtarten ein längeres Beizen in Säuren oder eine elektrolytische Entzunderung nicht vertragen, da sie durch Wasserstoffaufnahme hart und brüchig werden. In solchen Fällen ersetzt eine Klopf- oder Bürst-

einrichtung mit Vorteil den Beizprozeß, doch sind dies spezielle Erfahrungen und Methoden, die von Fall zu Fall geändert werden, je nachdem das verwendete Drahtmaterial beschaffen ist.

Die Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G., die sich wohl rühmen kann, elektrolytische Anlagen für Verzinkung von Drähten und Bändern für kontinuierlichen Betrieb größten Stiles fast ausschließlich als Spezialität gebaut zu haben, ist zu dem Schluß gekommen, ein und dieselbe Anlage nur für Drähte innerhalb bestimmter Grenzen zu verarbeiten, so zwar, daß z. B. für Drähte von 0,5—1,2 mm ganz andere Apparaturen in Anwendung kommen als für Drähte zwischen 1,3 und 3,5 mm Durchmesser. Noch stärkere Drähte als 3,5 mm brauchen wieder eine Verstärkung in der Konstruktion der Apparate, ganz schwache Drähte unter 0,5 mm müssen wieder besonders leicht bewegliche Rollensysteme und spezielle Kontaktzuführungen erhalten, um ein Zerreißen oder Ausglühen der Drähte zu vermeiden.

Die genannte Gesellschaft besitzt eine Reihe von Patenten, sowohl für das angewandte Bad wie für die Rollensysteme, Schutzvorrichtungen gegen Kurzschlüsse bei evtl. Zerreißen der Drähte etc., doch würde es zu weit führen, all diese Einzelheiten zu beschreiben.

Nachdem die Drähte die Bäder verlassen haben, müssen sie mit reinem fließenden Wasser gespült werden; sie passieren dann eine Trockeneinrichtung und werden sofort aufgehaspelt. Die eigentlichen Bäder für die Verzinkung variieren in ihrer Länge zwischen 6 und 12 m, je nach der Durchzugsgeschwindigkeit, Metallauflage und der möglichen Stromdichte; schließlich beeinflußt auch der vorhandene Raum die ganzen Arbeitsverhältnisse, und nur zu oft wird hierbei der berechnende Galvanotechniker vor die schwierigsten Probleme gestellt. Besonders sei auf eine gut überwachte, mit den Verhältnissen wohlvertraute Bedienungsmannschaft hingewiesen. Bei der zumeist großen Anzahl von Drähten (18—30), die solche Bäder gleichzeitig passieren, könnte ein nicht unbedeutender Schaden entstehen, wenn die Zusammensetzung der Bäder nicht konstant gehalten würde, oder wenn

nicht die richtige Durchgangsgeschwindigkeit, Stromregulierung etc. eingehalten würde.

Die Haspelwerke treibt man vorteilhafterweise mit einem separaten, vom übrigen Betrieb unabhängigen Elektromotor unter Zuhilfenahme eines Touren-Regulieranlassers an, um jederzeit das richtige Durchzugstempo einstellen zu können.

In jeder Anlage werden stets nur Drähte gleichen Durchmessers gleichzeitig verzinkt, weil es schwierig wäre, eine Verteilung des Badstromes derart zu bewerkstelligen, daß auf die schwächeren Drähte wirklich entsprechend ihrem kleineren Durchmesser eine geringere Stromstärke wie auf die stärkeren entfällt.

Die Geschwindigkeit, mit welcher die Drähte die Apparatur passieren, variiert je nach Drahtstärke und Zinkauflage und beträgt 6—10 m für die stärkeren Drähte und bis zu 30 m pro Minute für die schwächeren. Im übrigen ist diese Durchgangsgeschwindigkeit auch von der ausnutzbaren Badlänge abhängig und können daher zahlenmäßig präzise Angaben hier nicht gemacht werden. Daß die Kosten der elektrolytischen Verzinkung wesentlich geringer sind als die der Verzinkung auf heißem Wege, ist als allgemein bekannt, vorauszusetzen. Die Herstellungskosten betragen nur 40 bis 50% derjenigen der Heißverzinkung, von Ersparnissen durch Fortfall des Ausschusses ganz abgesehen.

Das Verzinken von Rohren. Eine große und ausgedehnte Anwendung findet die elektrolytische Verzinkung in der Röhrenindustrie. Die Rohre werden teils innen und außen, teils auch nur außen verzinkt. Dadurch, daß die galvanische Verzinkung sich wirklich haarscharf an alle Unebenheiten des Grundmetalles ansetzt, kann man sofort schadhafte Stellen in gezogenen Rohren erkennen, und es wird damit die elektrolytische Verzinkung ein wertvolles Hilfsmittel für die Probe solcher Rohre auf deren einwandfreie Herstellung.

Das Verzinken der Rohre an ihren äußeren Flächen unterliegt keinerlei Schwierigkeit, wenn vorher eine gut durchdachte und erprobte Reinigungsmethode eine metallisch reine Oberfläche geschaffen hat. Das Verzinken von Rohren speziell im

Inneren langer und dünner Rohre ist dagegen nicht ganz einfach, denn schon das Reinigen der Rohre im Inneren ist, wenn auch nicht technisch undurchführbar, so doch weit schwieriger zu bewerkstelligen als außen. Man reinigt nun die Rohre entweder durch Beizen oder durch geeignete Kratzeinrichtungen, schließlich auch durch Behandlung mit dem Sandstrahl unter Zuhilfenahme von Druckluft, Dampf oder gepreßtem Wasser. Manche Rohre müssen einem speziellen Reinigungsprozeß infolge der Eigenart der Zunderschicht unterworfen werden; dies gilt speziell bei heiß gezogenen Rohren, und variiert diese besondere Behandlung mit dem Material.

Innenanoden. Da natürlich von den um die Außenseite der Rohre hängenden Feinzinkanoden aus der Strom nicht bis ins Innere der in den Bädern hängenden Rohre gelangen könnte, speziell dann nicht, wenn die Rohre mehrere Meter lang sind, müssen Anoden auch im Innern der Rohre angebracht und am besten mit einer besonderen Stromquelle anodisch verbunden werden, damit man eine genaue Stromverteilung auf die Außenflächen bzw. die Innenflächen der Rohre eintreten lassen kann. Bei dünneren Rohren von z. B. 15 mm Innendurchmesser und noch weniger kommen begreiflicherweise die Innenanoden sehr nahe an die mit Zink zu bedeckenden Rohrflächen, und es ist klar, daß dieser kleineren Entfernung zwischen Kathode und Ware eine Verringerung der Badspannung folgen muß. Außerdem wird oft gewünscht, daß die Rohre im Inneren pro Quadratmeter verzinkter Oberfläche eine andere Metallauflage als Rostschutz erhalten sollen als die Außenflächen, und schon aus diesem Grunde muß eine getrennte Stromzuführung eintreten, um aus den Angaben der Amperemesser, die in der Innen- und Außen-Anodenzuleitung liegen, die Richtigkeit der erteilten Stromverteilung konstatieren bzw. die Metallauflagen variieren zu können.

Die Metallauflage ist ganz verschieden je nach dem Zweck, der bei der Verzinkung erreicht werden soll, und schwankt zwischen 50 und 250 g pro Quadratmeter Oberfläche.

Die Langbein-Pfanhauser-Werke haben solche Anlagen bei großen Rohrwalzwerken eingerichtet, und es wurde an vielen Stichproben beim Zerschneiden selbst ganz enger Rohre kon-

statiert, daß sie an allen Stellen innen und außen einwandfrei verzinkt waren.

Die speziellen Einrichtungen an den elektrolytischen Bädern zum Verzinken von Rohren sind außerordentlich verschieden je nach dem Zweck und schließlich auch je nach dem Umfange des Werkes, das die Verzinkung der Rohre vornimmt. Nach Hermann werden runde kathodisch verbundene Gleitbahnen in den Bädern angeordnet, auf denen die Rohre durch Transportsterne u. dgl. hin- und herbewegt werden. Diese Methode ist gleich gut geeignet zum Außenverzinken von Rohren und Stäben wie für die gleichzeitige Außen- und Innenverzinkung von Rohren bei Anwendung von Innenanoden. Die Apparatur sieht für die Innenverzinkung eine besondere Innenanoden-Sammelschiene vor.

Scharnke & Dobritz bzw. die Galvanostegie, G. m. b. H., will besondere Vorteile bei der Verzinkung durch einen um eine Achse rotierenden Kathodenkörper erreichen, der Ausbohrungen hat, die größer sind als die Außendurchmesser der Rohre.

Potthoff benutzt eigentümliche Gleitbahnen, die die Rohre tragen. Die Antriebsvorrichtung liegt außerhalb des Elektrolyten. Die Rohre, deren Außendurchmesser beliebig groß sein kann, werden von der Transportvorrichtung durch das Bad hindurchgeführt. Eine Innenverzinkung ist bei dem Potthoffschen Verfahren praktisch ausgeschlossen, wenn auch die Patentschrift solche vorsieht, denn die Kontaktbildung für die erforderlichen Innenanoden ist dabei ungemein schwierig herzustellen. Zudem können nach dem Potthoffschen Verfahren bloß Rohre von nur einer bestimmten Länge verzinkt werden, was in europäischen Betrieben die Einführung dieser an und für sich ganz hübschen, automatisch wirkenden Maschinerie so gut wie unmöglich macht.

Es gehört sehr viel Erfahrung dazu, den Verzinkungsprozeß so zu leiten, daß die Verzinkung keine Blasen zeigt und metallisch glänzend aussieht. Eisen nimmt sehr leicht beim Beizen Wasserstoff auf, der bei der Verzinkung langsam entweicht und den Zinkniederschlag blasig macht. Durch Übung und spezielle Erfahrung läßt sich aber der Prozeß selbst in großem

Maßstabe so leiten, daß diese Übelstände ganz in Fortfall kommen.

Cowper Coles stellt die zu verzinkenden Rohre senkrecht auf und verwendet eine komplizierte Apparatur zum Festhalten der Rohre*) nebst kräftiger Zirkulation der Lösung.

Von den bekannten Apparaten ist nach Ansicht des Verfassers die Hermannsche Apparatur die weitaus praktischste, da sie sehr einfach in der Handhabung ist; komplizierte Apparate haben sich im technischen Großbetrieb bekanntlich niemals bewährt, sondern sie versagen um so früher, je komplizierter sie sind.

Verzinken von Kleineisenzeug. Es ist bekannt, daß mit Hilfe des Vollbades, d. h. im geschmolzenen Zink, kleine Teile, wie Nägel, Schrauben u. ä. Massenartikel nur sehr schwierig gut zu verzinken sind, weil die kleineren Teile nur zu leicht zusammenbacken. Ein großer Mißstand bei der Heißverzinkung ist ferner der, daß Gewinde und ähnliche Feinheiten ganz mit Metall verschmiert werden, und ferner der, daß schließlich der Zinkverbrauch in solchen Fällen ganz unverhältnismäßig steigt.

Die elektrolytische Verzinkung hat hier ein sehr fruchtbares Gebiet gefunden und es werden heute schon weit mehr solcher Teile auf elektrolytischem Wege als auf heißem Wege verzinkt.

Man kann natürlich solch kleine Teile nicht einzeln auf Drähte binden, um sie im elektrolytischen Zinkbade dem Strome auszusetzen, sondern man bedient sich der bereits früher beschriebenen Massengalvanisier-Apparate wie der rotierenden Trommelapparate oder des Patent-Schaukelapparates.

Die kleinen Teile werden vorher in Lauge entfettet, hierauf in einer Beize von Zunder oder evtl. oxydischem Anlauf befreit, erforderlichenfalls noch mit Sand oder Schmirgel in Rollfässern gescheuert und dann kommen sie in nassem Zustande in den Galvanisier-Apparat.

---

*) Siehe Dr. Franz Peters, Elektrometallurgie und Galvanotechnik, Bd. IV, pag. 112 ff.

Je nach der Größe eines solchen Apparates werden 5—50 kg auf einmal bearbeitet, und zwar wird ein möglichst starker Strom verwendet, um die Expositionszeit nach Tunlichkeit abzukürzen. Es genügt in den meisten Fällen eine Zeit von $^1/_2$—1 Stunde, um genügend Zink auf die Gegenstände niederzuschlagen.

Die verzinkten Teile kommen durch das innige Scheuern während des Prozesses und schließlich auch durch die Anwendung höherer Stromdichten schön hell und glänzend aus dem Bade. Die Objekte werden mit reinem Wasser gespült und getrocknet.

Kleinere Teile wie Fittings u. ä., die auch im Innern verzinkt werden müssen, behandelt man am besten in einem Vorverzinkungs- oder Vorverzinnungsbad, um der darauffolgenden eigentlichen Verzinkung keine blanken Eisenstellen zu bieten. Eventuell bedient man sich bei solchen Gegenständen kleiner Hilfsanoden, wenn man ein solches Vorbad umgehen will, und hängt die Objekte, wie dies auch bei anderen Galvanisierungsmethoden üblich ist, auf Drähten in gewöhnliche Zinkbäder unter Anwendung plattenförmiger Anoden ein.

Kadmium-Niederschläge.

Niederschläge aus Kadmium haben nur wenig Bedeutung, obschon die Farbe des reinen Kadmiums, welche derjenigen des Silbers sehr ähnlich ist, dazu einladen könnte, solche Niederschläge doch öfters auszuführen. Gute Resultate liefert ein Bad, das auf 1 l 50 g Cyankadmiumkalium und 10 g freies Cyankalium enthält. Das Bad arbeitet bei einer Temperatur von 60—70° C mit einer Badspannung von 3 Volt und einer Stromdichte von ca. 0,5 Amper. Die Konzentration des Bades soll ca. 4,5 Bé besitzen. Vergl. auch die Verwendung von Legierungen mit Kadmium bei Silber.

Verbleiung.

Speziell infolge der Unlöslichkeit des reines Bleies in manchen Säuren, besonders in Schwefelsäure jeder Konzentration, wird das Blei zu verschiedenen Gefäßen verwendet, in denen solche Säuren aufbewahrt werden, zirkulieren oder sonstwie damit in Berührung kommen. Bekannt ist auch die Anwendung des Bleies in der Bleiakkumulatoren-Industrie, und die Suche nach einem brauchbaren elektrolytischen Verfahren zur Abscheidung reinen Bleies ist schon sehr alt. Die Verbleiung auf heißem Wege ist mitunter sehr schwierig auszuführen, da es nicht immer gelingt, jede beliebige Eisensorte durch Eintauchen in geschmolzenes Blei festhaftend mit einem das Grundmetall lückenlos deckenden Mantel aus Blei zu überziehen. Besonders schwierig gestaltet sich die Arbeit, wenn man größere, schwerere Objekte solcherart verbleien will, und es hat sich der Mangel an einem dieses gewöhnliche Verfahren ersetzenden elektrolytischen Verfahren schon lange bemerkbar gemacht.

Als Ersatz für die sogenannte Homogenverbleiung in dickeren Schichten, die tatsächlich in ihrer ganzen Ausdehnung ohne jede Bildung von Hohlräumen zwischen Grundmetall und Bleischicht verwachsen sein muß, konnte die elektrolytische Verbleiung natürlich erst dann auftreten, wenn es gelang, Blei in dickeren Schichten festhaftend ohne die bekannte lästige Bleischwammbildung elektrolytisch abzuscheiden.

Bleibäder. Die älteren Bleibäder, die wir französischen Galvanotechnikern verdanken, hatten wohl die Eigenschaft, sich auch an komplizierten profilierten Objekten abzuscheiden, doch gelang es nicht, auch nur einigermaßen dickere Schichten von Blei daraus abzuscheiden, ohne daß die Bildung von Bleischwamm eintrat. Ein solches ältestes Rezept ist z. B. folgendes:

Wasser	1 l
Ätzkali	50 g
Bleiglätte, pulv.	5 g

Man löst die Bleiglätte in der Lösung des Ätzkalis auf und elektrolysiert bei 7,5 Volt mit Bleianoden. Das Bad arbeitet sehr gut auf Eisen und Stahl, selbst auch auf Kupfer, Messing und dergl. Watt bediente sich einer Lösung von essigsaurem Blei unter Zusatz von bedeutenden Mengen freier Essigsäure, doch liefert auch dieses Bad schon nach kurzer Zeit bedeutende Mengen von Bleischwamm.

Ein Bad, das gestattete, schon stärkere Bleischichten herzustellen, ohne jedoch den Wünschen der Galvanotechnik nach einem Universalbad Rechnung zu tragen, stammt von Glaser*).

Betts hat als erster die Abscheidung des Bleies aus wässeriger Lösung in dicken Schichten mit Erfolg durchgeführt, allerdings nicht zum Zwecke, Blei auf zu verbleienden Gegenständen aufzutragen, sondern um Werkblei elektrolytisch zu raffinieren. Er benutzt die Lösung von kieselfluorwasserstoffsaurem Blei unter Zusatz freier Kieselfluorwasserstoffsäure und neuerdings unter weiterem Zusatz von Gelatine in kleinen Mengen, um einen möglichst glatten Niederschlag zu erhalten. Dieses Bad besitzt allerdings, wie alle neuen Bleibäder, die mit freier Säure arbeiten, den auch bei den Zinkbädern beobachteten Übelstand, daß sie nicht in die Tiefen arbeiten, und man muß daher die Arbeitsweise beim elektrolytischen Verbleien, sofern man sich saurer Elektrolyte bedient, so einrichten, daß man die Anoden den zu verbleienden Objekten in Form und Größe anpaßt, und man muß ferner zu sogenannten Hilfs- und Innenanoden Zuflucht nehmen.

Die Bemühungen des Verfassers, ein brauchbares Bleibad zu konstruieren, waren durch gemeinsame Arbeiten mit Prof. Dr. Franz Fischer von Erfolg gekrönt, und es gelang, einen solchen dem Bettsschen Elektrolyten mindest ebenbürtigen Elektrolyten zu finden.

Dieser Elektrolyt ist außerordentlich metallreich und gestattet, Stromdichten bis zu 2000 Amper pro 1 qm Kathodenfläche anzuwenden, ohne daß das Blei schwammförmig würde. Es gelang, Schichten von 10 mm Dicke mit Leichtigkeit herzu-

---

*) Z. f. E. 1900/01, pag. 365, 381 ff.

stellen, und zwar bei Anwendung ganz kleiner Badspannungen, da dieser Elektrolyt ein bedeutendes Leitvermögen besitzt.

Nachstehend seien einige wissenswerte Daten über dieses Bad angeführt, aus denen der Elektrotechniker sofort ersehen kann, mit welch kleinem Energieaufwand dies Bad arbeitet.

Das L.-P.-W.-Bleibad I besitzt eine Konzentration von 44° Bé, hat einen spezifischen Badwiderstand von $W_s = 0,295\ \Omega$ und arbeitet bei einer Temperatur von $t = 20°$ C.

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . . . **6,9 Volt**
Stromdichte hierbei . . . . . **15 Amper** pro Quadratdezimeter
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . **2,3 Volt**
Stromausbeute: ca. 100 %.

In vielen Fällen wird diese Konzentration zu einer unnötigen Verteuerung des Bades führen und genügt dort, wo man nicht mit hohen Stromdichten zu arbeiten hat, schon eine Badkonzentration von 30° Bé. Während man aber im obigen Bade Stromdichten (bei Bewegung der Lösung oder der Kathoden!) bis zu 20 Amper pro qdm entwenden kann, darf man bei diesem

L.-P.-W.-Bleibad II mit einer Konzentration von 30° Bé höchstens 5—8 Amper pro Quadratdezimeter anwenden.

Dieses Bad hat folgende Charakteristik:

$$W_s = 0,34\ \Omega$$
$$t = 20° \text{ C.}$$

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . **2,55 Volt**
Änderung der Badspannung für je 50 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . **0,85** „
Stromdichte . . . . **5 Amper**
Stromausbeute ca. 100 %

Eine mäßige Erwärmung dieser beiden Bäder ist nur förderlich und schadet in keiner Weise.

Nach Dr. Schlötter wird ein sehr gut arbeitendes Bleibad durch Zuhilfenahme verschiedener Sulfosäuren gewonnen und hat ein solches Bad bei einer

Konzentration von 25° Bé einen spez. Widerstand = 0,96 Ω
" " $12^1/_2$° Bé " " " = 1,44 Ω
Gemessen sind diese Widerstände bei 20° C. Die anwendbare Stromdichte ist rund 2 Amper pro Quadratdezimeter, und da diese Bäder ebenfalls ohne Polarisation arbeiten, reicht man bei dieser Stromdichte mit einer normalen Badpannung von ca. 3 Volt aus.

Die Bleibäder sind sämtlich sehr heikel gegen Verunreinigungen, besonders Eisen und Zink sind ungemein schädlich, und es kann daher nur zur größten Vorsicht geraten werden, wenn man sich nicht der Gefahr aussetzen will, die teuren Bäder zu verderben.

Das hohe elektrochemische Aquivalent des Bleies kommt dem Dickenwachstum der elektrolytischen Bleiniederschläge sehr zu statten; man kann einen 1 mm dicken Bleiniederschlag heute in einem Tage herstellen, wenn man für eine gute Rührung des Bades sorgt, sogar noch rascher. Auf diese Weise kann man also jetzt auf bequeme und billige Art und Weise große Gefäße, wie sie namentlich die chemische Großindustrie benötigt, anstatt mittelst des kostspieligen Homogenverbleiungsverfahrens elektrolytisch verbleien, und das Verfahren hat daher rasch Eingang für solche Zwecke gefunden.

Es arbeitet bei kleineren Stromdichten, auch schon bei 1 bis 2 Volt Badspannung und mit Feinbleianoden, die ohne jede Komplikation in Lösung gehen.

Als Gefäße für solche moderne Bleibäder kommen ausgebleite Holzwannen mit dauerhaften isolierenden Anstrichen in ihrem Inneren in Betracht. Kleinere Quantitäten des Bades können in Glas- oder Steingutwannen untergebracht werden.

Das Blei-Zink-Verfahren nach Pfanhauser. Die elektrochemischen Messungen haben ergeben, daß reines Blei in diesen Lösungen moderner Zusammensetzung elektropositiv zu Eisen ist, und es kann nach dem bei der elektrolytischen Verzinkung Gesagten reines Blei als ein Rostschutzmittel für Eisen und Stahl erklärt werden. Das Blei hat nun gegenüber dem rostschützenden Zink in seiner Anwendung manche Vorteile, und speziell die Unangreifbarkeit

des Bleies in Seewasser und gegen Atmosphärilien brachten Verfasser auf den Gedanken, einen erhöhten verallgemeinerten Rostschutz dadurch zu erreichen, daß er die zu schützenden Teile vorher verbleite und darauf verzinkte. Um 100 g Blei auf eine bestimmte Fläche abzuscheiden, ist eine meist kleinere elektrische Energiemenge erforderlich, als z. B. 100 g Zink auszufällen, und man kann daher nicht allein am Preise für das verwendete Material, sondern auch an den Überzugskosten sparen, wenn man den größten Anteil an dem rostschützenden Überzug dem Blei überträgt.

Das elektrolytisch ausgeschiedene Blei ist nun leider außerordentlich weich, und um den Überzug oberflächlich zu härten, wurde eine kleine Auflage von Zink angebracht. Nach dem, was im Kapitel über die Legierungsbildungen gesagt wurde, ist es begreiflich, daß die beiden Niederschläge, Blei und Zink, sich schon bei gewöhnlicher Temperatur legieren — es dringt das über dem zuerst abgeschiedenen Blei befindliche Zink in ersteres ein, und besonders bei mäßiger Erwärmung der so galvanisierten Teile ist durch eine nennenswerte Schichtdicke hindurch eine solche Legierung der beiden Metalle zu beobachten gewesen. Messungen über das elektromotorische Verhalten der einzelnen Schichten haben ergeben, daß schon die kleinsten Mengen von Zink in dieser legierten Schicht letzterer den Rostschutz des Zinkes verliehen.

Das Verfahren ist durch ein Patent geschützt und wurde in der Galvanisierung von Drähten durch einen groß ausgeführten Versuch erprobt. Es dürfte speziell dort eine Rolle spielen, wo der Angriff des Seewassers auf zu schützende Eisenteile in Betracht kommt.

Verzinnen.

Das Verzinnen kann man auf alle Metalle ausführen, obwohl es praktisch meist nur auf Eisen und Kupfer, seltener auf Messing verwendet wird, namentlich für Küchenbedarfsgegenstände, teils aus sanitären Gründen, teils des schöneren Aussehens wegen, auch als Rostschutz wird eine Verzinnung benutzt.

Das Verzinnen in geschmolzenem Zinn ist ein sehr alter Industriezweig, geschieht bekanntlich durch Eintauchen des rein gebeizten, abgescheuerten Metalles in geschmolzenes Metall.

Je nach der Art der Ausführung unterscheiden wir (die Verzinnung im geschmolzenen Zinn ausgenommen)

1. die elektrolytische Verzinnung,
2. die Kontaktverzinnung,
3. die Eintauch- oder Sudverzinnung.

Die elektrolytische Verzinnung wird in kalten und heißen Bädern ausgeführt; über Kontaktverzinnung siehe das betreffende Kapitel.

Leider ist es bislang nicht möglich gewesen, einen Zinnniederschlag auf elektrolytischem Wege herzustellen, der direkt aus dem Bade in glänzendem Zustande erhältlich wäre, und aus diesem Grunde hat sich die elektrolytische Verzinnung bisher noch nicht in dem Maße eingeführt wie andere Methoden der Galvanotechnik. Zudem ist die Verzinnung im geschmolzenen Bade tatsächlich einfach und mit geringen Mitteln auszuführen. Ferner schalten von der elektrolytischen Verzinnung naturnotwendig alle diejenigen Gegenstände aus, bei denen man durch die Verzinnung ein Abdichten von Fugstellen oder ein Ausfüllen von Unebenheiten im Grundmetall erreichen will. Man müßte elektrolytisch schon eine ganz bedeutende Zinnschicht auftragen und durch rein mechanische Behandlung ein Glätten der Oberfläche herbeiführen. Dies ist aber ein recht kostspieliger Prozeß, und er wird nur in wenig Fällen vor der Verzinnung im geschmolzenen Metall Vorteile zeigen.

Oft wird aber speziell Wert auf eine nur dünne Zinnschicht gelegt, wie bei der Verzinnung kleiner Massenartikel oder bei der Verzinnung von Kupferdrähten etc., und dort ist für das elektrolytische Verfahren der Platz. Auch zur Ausbesserung schon einmal verzinnt gewesener Gegenstände wird die elektrolytische Verzinnung heute schon vielfach in Anwendung gebracht; in die Großtechnik aber wie z. B. zur Herstellung von Weißblech konnte sich das elektrolytische Verfahren durch die Art seiner Resultate leider noch nicht Eingang verschaffen.

Zinnbäder. Die Versuche der Galvanotechniker, brauchbare Zinnbäder zu erhalten, zielten meist dahin, ein Bad zu erhalten, das schwammfreie Niederschläge liefert, die, wie dies allgemein bei elektrolytischen Niederschlägen verlangt wird, festhaftend sein sollten. Als weitere Bedingung gilt die gute Stromausbeute an Kathode und Anode, also der Wirkungsgrad des Bades. Letzteres erreicht man dadurch, daß man einerseits die Temperatur des Elektrolyten erhöht, anderseits aber durch geeignete Wahl der den Elektrolyten bildenden Salze.

Man arbeitet mit geringen Ausnahmen nur mit alkalisch reagierenden Bädern, da in diesen die Stromlinienstreuung am größten ist und dadurch eine gleichmäßige Verzinnung erzielt wird. Gerade aber die Alkalität des Bades erschwert die quantitative Löslichkeit der Anode und man muß deshalb dafür sorgen, daß nur solche Anionen an die Metallanode gelangen, die eine glatte Lösung des Anodenmateriales zulassen. Hierzu gehört auch die Auswahl der Leitsalzkationen, was für die Verringerung der Passivität des Anodenmateriales von eminenter Bedeutung ist. Kaliumionen sind in dieser Beziehung günstiger als Natriumionen.

Hydroxylionen sind besonders günstig für den Lösungsvorgang; auch Chlorionen neben Hydroxylionen beseitigen die Passivität längere Zeit. Bedauerlicherweise stört aber ein zu großer Überschuß von Ätznatron an der Kathode, indem bei zu großem Überschuß von Ätznatron das Zinn an der Kathode schwammig wird. Wie überall gibt es auch hier einen Mittelweg, der zum richtigen Ziele führt.

Man darf aber von einem derartigen Zinnbade nicht verlangen, daß es ebenso lange arbeitsfähig bleibt wie z. B. ein Nickelbad, sondern man muß sich z. B. mit der Tatsche abfinden, daß diese Bäder immerhin nur beschränkt haltbar sind. Grund hierzu gibt das Verhalten der Zinnanoden in diesen Bädern. Hat man nämlich ein Bad angesetzt, das wie z. B. durch Zusatz von Cyankalium (wohl durch Abspaltung freien Ätznatrons) das Anodenmaterial eine Zeitlang glatt löst, so beobachtet man nach einer gewissen Zeit der Benützung, daß es immer schlechter arbeitet, so daß man es schließlich überhaupt nicht mehr instand setzen kann. Alle diese alkalischen

Zinnbäder kranken noch daran, daß das Zinn anodisch passiv wird, die Lösung verarmt dadurch einerseits an Metall, anderseits tritt eine Oxydation des Metallsalzes ein, so daß schließlich überhaupt kein Zinn mehr aus dem Bade herausgeholt werden kann.

Die sauren Zinnbäder sind in dieser Beziehung geeigneter und sei speziell auf das Bad nach Schlötter verwiesen, das polarisationsfrei arbeitet, leider aber wieder den Nachteil zu geringen Streuungsvermögens hat, weshalb dieses vorwiegend auf nur schwach profilierten oder flachen Objekten Anwendung findet. Die mehrfach beschriebenen Zinnbäder mit Cyankalium arbeiten eine Zeitlang gut, doch hört die gute Wirkungsweise meist schon nach wenigen Stunden auf.

Der Zusatz von Kadmiumsalzen zu Zinnbädern, welcher kürzlich als besonderer Vorteil gepriesen wurde, hat nach Ansicht des Verfassers gar keinen Zweck, denn eine gute Streuung der Stromlinien ist bei der Verzinnung ein längst überwundener Standpunkt, zudem hat die Abscheidung einer solchen teuren Legierung mit Kadmium keinerlei technische Vorteile.

Das häufigst verwendete Bad nach alter Vorschrift ist:

I.	**Wasser**	1 l
	Pyrophosphorsaures Natron	40 g
	Zinnchlorür, geschmolzen	16 g
	Zinnchlorür, kristall.	4 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . . **2 Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . **0,4 „**
Stromdichte . . . . **0,2 Amper**
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: 5° Bé
Spez. Badwiderstand: 4,02 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0233
Stromausbeute: 90 %
Niederschlagsstärke in 1 Stunde: 0,00591 mm.

Als Anoden sind gegossene Zinnanoden zu verwenden, die Anodenfläche ebensogroß als die Warenfläche.

Die Chemikalien sind in vorgeschriebener Reihenfolge zu lösen, das Bad wird wohl stets etwas trüb bleiben, das ist unvermeidlich und schadet auch gar nicht.

Der Niederschlag erscheint bald matt, ist daher öfters zu kratzen. Eisen und Kupfer verzinnen sich sehr leicht und schön; Zink neigt beim direkten Verzinnen leicht zum Mattwerden, weil es selbst Zinn aus seinen Lösungen ausscheidet, ist daher besser vorher zu verkupfern oder zu vermessingen.

Gußeisen wird seiner Porosität wegen am besten vorher in der Eintauchverzinnung gedeckt, dann elektrolytisch weiter verzinnt.

Für Betrieb mit Elementen ist der geringen Badspannung wegen folgende Lösung empfehlenswert:

II.		
	Wasser	1 l
	Ätznatron	25 g
	Cyankalium 100 %	10 g
	Zinnchlorür, kristall.	25 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . . **0,4 Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . **0,13 „**
Stromdichte . . . . **0,2 Amper**
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: 6° Bé
Spez. Badwiderstand: 1,27 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0248
Stromausbeute: 98,5 %
Niederschlagsstärke in 1 Stunde: 0,00589 mm.

Als Anoden dienen gegossene Zinnanoden, die Anodenfläche ebensogroß wie die Warenfläche.

Dieses Bad arbeitet gleich gut auf Eisen, Messing, Kupfer und dessen Legierungen; Zink ist besser vorher zu verkupfern oder zu vermessingen, weil sich bei dessen direkter Verzinnung das Zinn sehr leicht schwammig ausscheidet.

Bei Ätznatronmangel überziehen sich die Anoden mit einer gelblich weißen Haut, die die Stromzirkulation erschwert; es ist Ätznatron zuzusetzen, um die normale Funktion wieder herzustellen.

Die beiden vorhin beschriebenen Zinnbäder haben die Eigentümlichkeit, daß der anfänglich glatte, wenn auch matt aussehende Metallniederschlag bei längerer Expositionsdauer schwammig wird, und man muß deshalb die Gegenstände während der Verzinnung des öfteren aus dem Bade nehmen und sie auf der Kratzmaschine mit feinen Stahldraht- oder Messingdraht-Zirkular-Kratzbürsten kratzen. Die Langbein-Pfanhauser-Werke besitzen nun aber ein Zinnbad, welches diesen Übelstand nicht zeigt, und man kann die Gegenstände in diesem Bade mehrere Stunden belassen, ohne daß das Zinn schwammförmig würde.

Das warme L.-P.-W.-Zinnbad arbeitet in der Wärme bei etwa 70° C mit Zinnanoden am besten in Eisenwannen bei einer Badspannung von etwa 3—4 Volt und einer Stromdichte von 0,5 Amper pro qdm; der spez. Badwiderstand bei 70° C ist 0,27 Ω, bei 90° C = 0,239 Ω. Da die Anoden sich nicht immer ganz genau in dem Verhältnis lösen, als Zinn an der Kathode abgeschieden wird, speziell bei Verwendung hoher Anodenstromdichten, muß das Bad von Zeit zu Zeit mit Zinn verstärkt werden, wenn es anfängt, träge zu arbeiten. Von Dr. Schlötter, Elektrochemiker bei den Langbein-Pfanhauser-Werken, stammt ferner ein ganz vorzüglich arbeitendes Zinnbad, welches gestattet, beliebig dicke Niederschläge herzustellen, und zwar bei der verhältnismäßig kleinen Badspannung von 2 Volt. Die angewandte Stromdichte beträgt 1—2 Amper pro qdm und man erhält aus diesem Bade in kurzer Zeit einen starken, stets schwammfreien Zinniederschlag. Der spez. Badwiderstand dieses Bades ist bei einer Konzentration von z. B. 6° Bé 1,655 Ω, Badtemperatur 20° C. Das Bad arbeitet ohne Polarisation, die Anoden gehen glatt in Lösung. Allerdings ist dieses Bad, wie bereits früher erwähnt, nur auf annähernd flachen Objekten anwendbar, da es wenig Streuung hat. Eine Erwärmung des Bades auf 50—70° C erhöht den weißen Ton des abgeschiedenen Zinnes und man kann dann Stromdichten von 10 Amper pro qdm und mehr anwenden.

Arbeitsweise der Zinnbäder. Mit Ausnahme der Bleibäder ist kein elektrolytisches Bad so empfindlich in bezug auf die Arbeitsweise wie das Zinnbad. Dem Verfasser ist es gelungen,

ein alkalisches Zinnbad mit gutem Streuungsvermögen zusammenzustellen, welches glatte Niederschläge liefert, die nicht Zinnschwamm oder Zinnkristall bilden und gleichzeitig das Anodenmaterial lange Zeit hindurch glatt in Lösung bringen. Dieses Zusammentreffen aller früher genannten Bedingungen ist aber an eine sachgemäße Behandlung gebunden. Jeder ungeeignete Zusatz stört sofort die Funktion und kann die weitere Verwendbarkeit eines solchen Bades ganz in Frage stellen. Zusätze zu Zinnbädern sollten stets nur mit aller Vorsicht gemacht werden, und man soll nur solche Zusätze machen, die die Spezialfirma, von der das betreffende Bad stammt, auf Grund einer genauen Baduntersuchung empfiehlt. Chloride in alkalischen Bädern sollten nur in verschwindendem Maße zugesetzt werden, desgleichen verursacht ein zu hoher Gehalt an freiem Ätznatron die Schwammbildung, wie schon früher erwähnt wurde.

Die Anoden sollten in reiner Qualität verwendet werden, da jede Verunreinigung mit Fremdmetallen eine wesentliche Verschlechterung der Arbeitsweise (dunklen Ton der Verzinnung!) verursachen. Die Anoden überziehen sich allerdings früher oder später mit einem den Stromdurchgang erschwerenden Belag und müssen jeden Tag gereinigt werden. Ein gut angesetztes Zinnbad aber muß mit einem Wirkungsgrad von mindestens 0,8—0,9 arbeiten, andernfalls käme der Betrieb infolge der Notwendigkeit, fortgesetzt Zusätze machen zu müssen, zu teuer.

Die Verzinnung von Massenartikeln hat sich durch Einführung des in diesem Handbuche mehrfach beschriebenen L.P.W.-Trommelapparates rasch Eingang in die Technik verschafft. Man verwendet dazu sowohl kalte wie warme Zinnbäder und erhält eine tadellose gleichmäßige Verzinnung auf kleinere Artikel aus Eisen, Stahl, Messing oder Kupfer. Viel verwendet wird diese Art der Verzinnung bei Schrauben, Stiften, kleinen Kabelschuhen und allen elektrotechnischen Bedarfsartikeln, bei denen fast ausnahmslos eine Verzinnung vorgeschrieben oder gewünscht wird. Die Kosten der elektrolytischen Verzinnung solcher Artikel sind weit geringer und das Aussehen schöner als bei der Heißverzinnung, und kommt

als besonderer Vorteil der elektrolytischen Verzinnung die Erhaltung aller feinen Details hinzu, wie z. B. die der Gewinde bei Schrauben etc. Werden die Massenartikel nach der Verzinnung noch in geeigneter Weise (am besten in Weizenkleie) getrommelt, dann kann man eine tadellos glänzende Verzinnung erhalten.

Besonders glänzend wird die Verzinnung solcher Massenartikel, wenn man sie nach erfolgter Niederschlagsarbeit in einem hölzernen Scheuerfaß mit einem Brei aus rohem Weinstein und Wasser bestehend trommelt.

Anwendung der elektrolytischen Verzinnung. Außer zur vorstehend beschriebenen und sehr verbreiteten Verzinnung von Massenartikeln wird die elektrolytische Verzinnung mit Vorteil in der Drahtfabrikation, speziell zum Verzinnen von Kupferdrähten für elektrische Leitungen verwendet. Man verwendet für solche Zwecke am besten schwachsaure Zinnbäder, die ohne Schwamm- oder Kristallbildung zu arbeiten gestatten.

Die Verzinnung von Gußeisen und Temperguß ist ferner auf elektrolytischem Wege unbedingt besser ausführbar wie auf heißem Wege und leistet dann das Seite 605 beschriebene heiße Zinnbad die vorzüglichsten Dienste. Das Gußeisen wird bei etwa 3 Volt im ruhenden, also unbewegten Bade verzinnt, und der Niederschlag, wenn man ihn glänzend haben will, auf der Kratzmaschine mit rotierenden Messing-Zirkular-Kratzbürsten brillantiert. Oftmals begegnet man in Laienkreisen der irrigen Ansicht, daß die elektrolytische Verzinnung ohne weiteres den im geschmolzenen Bade erzielbaren Glanz erreichen könnte. Dem ist nicht so, und zwar liegt dies in der Natur der elektrolytischen Metallausscheidung. Beim Eintauchen der zu verzinnenden Gegenstände in geschmolzenes Zinn wird förmlich ein Verschmieren der Poren und Unebenheiten der Grundfläche durch die Zinnauflage bewirkt, was bei der elektrolytischen Verzinnung natürlich ein Ding der Unmöglichkeit ist; diese schmiegt sich vielmehr an jede Unebenheit des Grundmetalls haarscharf an und wird als Niederschlag wie jeder galvan. Niederschlag bei beträchtlicherer Dicke matt. Will man auf elektrolytischem Wege eine glänzende Verzinnung erhalten, so muß man den zu verzinnenden

Gegenstand vorher vorschleifen, wie man dies bei der Vernicklung ja auch macht. Nach erfolgter Niederschlagsarbeit ist der Zinniederschlag zu kratzen, und dann kann er mittelst Schwabbel- oder Wollfaserscheiben unter Zuhilfenahme von Schlämmkreide und Alkohol oder spezieller Polierkompositionen glanzpoliert werden.

Weißblech auf solche Art und Weise zu machen, würde unbedingt zu teuer kommen, wenn technisch die Idee auch ausführbar wäre. Da das Zinn leicht Glanz annimmt, wenn es einem kräftigen Drucke ausgesetzt wird, so kann man auch unter geeigneten Pressen den elektrolytisch hergestellten Zinnniederschlag glänzend bekommen. Aus ähnlichem Grunde ist z. B. auch die Verzinnung von Löffeln, Gabeln, Kochgeschirren u. ä. noch nicht praktisch in größerem Maßstabe ausgeführt worden, weil der Niederschlag ohne kostspielige Vorbearbeitung dieser Objekte vor dem Verzinnen mit der durch Heißverzinnung erzielbaren glänzenden Oberfläche nicht konkurrieren kann. Zum Zwecke der Ausbesserung schadhaft gewordener Stellen an solchen Objekten ist aber der elektrolytische Prozeß ohne weiteres empfehlenswert und auch bereits an manchen Stellen eingeführt worden.

Der außerordentlichen Duktilität, besonders des aus schwachsauren Lösungen ausgeschiedenen elektrolytischen Zinniederschlages zufolge, läßt sich aber die elektrolytische Methode überall dort mit Erfolg verwenden, wo es sich darum handelt, Gegenstände aus einer Platte zu ziehen. Diesem Zieh- oder Druckprozeß widersteht die elektrolytische Verzinnung ohne weiteres, und so konnte man beispielsweise aus einem runden Bleiklotz, der mit 3—4 % Zinn elektrolytisch überzogen wurde, Tuben ziehen, welche wie poliert von der Ziehbank kamen. Das Blei und das Zinn waren an ihrer Berührungsfläche aus bekannten Gründen förmlich legiert. Die Möglichkeiten der Anwendung der elektrolytischen Verzinnung sind jedenfalls genügend vorhanden, und es steht außer Zweifel, daß jetzt, wo man über brauchbare Elektrolyte verfügt, die Einführung der elektrolytischen Verzinnung in die Großtechnik rascher vorwärts kommen wird, als dies bislang der Fall war.

Eisenniederschläge (Verstählen).

Allgemeines. Die Galvanotechnik stellt an die elektrolytischen Eisenniederschläge ganz andere Ansprüche wie der Hüttenmann an seine Eisensorten, welch letzterem es in der Hauptsache nur darum zu tun ist, auf möglichst einfache und rationelle Weise ganz reines Eisen zu gewinnen. Wenn nun auch in den gebräuchlichen galvanischen Bädern unter Anwendung von Eisenanoden verhältnismäßig reine Produkte an der Kathode erhalten werden, so genügt der Reinheitsgrad solchen Eisens, obschon es nur kleine Bruchteile eines Prozentes an Verunreinigungen enthält, nicht, um es ganz allgemein als Elektrolyteisen reinster Art zu bezeichnen.

Viele Untersuchungen eingehendster Art sind auf dem Gebiete der elektrolytischen Eisenabscheidung schon gemacht worden, doch lag diesen fast durchweg lediglich der Gedanke zugrunde, beliebig dicke, möglichst reine Niederschläge herzustellen. Besondere Verdienste dabei hat sich Lenz erworben, dem wir eine große Reihe von Veröffentlichungen über diesen Gegenstand verdanken. Viele Untersuchungen wurden bereits betreffs des schon lange bekannten Wasserstoffgehaltes im elektrolytisch niedergeschlagenen Eisen ausgeführt, und Namen wie Winteler, Haber, Th. Richards und Behr sind mit diesem Gegenstand eng verknüpft. Eine der eingehendsten Arbeiten, gleichzeitig die umfassendste, verdanken wir Foerster, der nicht nur die theoretische Seite dieser interessanten Materie behandelte, sondern auch die praktische Seite dabei nicht aus dem Auge verlor. Foerster hat die verschiedenen bis 1908 bekannten Elektrolyte nachgeprüft und sein Augenmerk speziell auf den Einfluß der Temperatur bei der elektrolytischen Eisenfällung gerichtet, und er hat in seinen »Beiträgen zur Kenntnis des elektrochemischen Verhaltens des Eisens« eine Zusammenfassung seiner Untersuchungsergebnisse veröffentlicht, die für jeden Galvanotechniker von größtem Interesse sind. Foerster hat gefunden, daß vor allem der Wasserstoffgehalt des Elektrolyteisens mit steigender Temperatur abnimmt und mit wachsen-

der Stromdichte zunimmt. Überraschend ist die von Foerster wissenschaftlich begründete Tatsache, daß bei bestimmten Verhältnissen ein Gehalt an freier Säure sogar den Wasserstoffgehalt im Elektrolyteisen herabdrückt, und es steht heute fest, daß die günstigsten Resultate bei erwärmter Lösung und bei Gegenwart freier Säure erzielt werden.

Für typographische Zwecke werden die galvanoplastisch erzeugten Kupferklischees und Druckplatten mit einem elektrolytischen Eisenniederschlag gedeckt, um sie sowohl gegen Druckfarben, die auf Kupfer reagieren (wie z. B. Zinnober u. ä.), indifferent als auch gegen Abnützung im Druck widerstandsfähiger zu machen.

Der stahlharte Eisenniederschlag gestattet in der Tat eine weitaus größere Anzahl von Abdrücken, wie nachfolgende Angaben beweisen, die von kompetenter Seite freundlichst zur Verfügung gestellt wurden: Während unverstählte Schriftsätze und Druckplatten bei Verwendung schwarzer Druckfarbe 40000, bei Zinnoberfarben nur 10000 Abdrücke gestatten, halten sie mit Verstählung im ersten Fall 150000 bis 200000, im zweiten Fall 80000 Abdrücke aus.

Allerdings bietet auch Vernicklung die gleichen Vorteile, aber man zieht die Verstählung vor, weil der Eisenniederschlag durch Eintauchen in verdünnte Schwefelsäure leicht wieder entfernt werden kann, was bei der Vernicklung nicht möglich ist. Das ist in der typographischen Praxis sehr wichtig, um unvermeidliche Korrekturen auf den Druckplatten ausführen zu können, ohne die Platten zu alterieren. Ein Nickelniederschlag würde nur sehr schwierig vom Original zu entfernen sein.

Die Verstählung ist auch für die Metallwarenindustrie sehr empfehlenswert, denn der Eisenniederschlag ist von zarter taubengrauer Farbe, zeigt bei einiger Solidität ein elegantes sanftes taubengraues Matt, ein sehr schöner Effekt, der in vielen Fällen sehr erwünscht sein dürfte. Als Basis für Oxydierungen, die auf Eisen sich ausführen lassen, hat der galvanische Eisenniederschlag ebenfalls Bedeutung und diesbezügliche Versuche haben das beste Resultat gezeitigt.

Messing, Tombak, Kupfer und dessen Legierungen, ebenso auch Eisen können direkt verstählt werden; die Weichmetalle sind vorher besser zu verkupfern oder zu vermessingen.

Im allgemeinen ist die Manipulation die gleiche wie beim Vernickeln.

Eisenbäder. Die Vorbereitung der zu verstählenden Druckplatten geschieht in folgender Weise: Man wäscht dieselben, falls sie vorher schon zum Drucken verwendet wurden, mit Terpentingeist, um die Farbe zu entfernen, hierauf mit Benzin, schließlich einige Zeit mit einer 10%igen Cyankaliumlösung durch Eintauchen in eine damit gefüllte flache Schale. Darin verschwinden die letzten Spuren von Schwärze. Nun putzt man die Platten mit Watte und Schlämmkreide unter Zuhilfenahme von etwas Wasser blank, wäscht die Kreide durch einen tüchtigen Wasserstrahl aus den Vertiefungen und bringt die Platten noch naß in das Bad. z. B.

I.	**Wasser**	1 l
	Eisenvitriol	130 g
	Chlorammon	100 g
	Natriumcitrat	3 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung: . 0,5 **Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung: . . . . 0,03 „
Stromdichte: . . . . 0,1 **Amper**
Badtemperatur: 15 bis 20° C
Konzentration: 11° Bé
Spez. Badwiderstand: 0,6 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0154
Stromausbeute: 69%
Niederschlagsstärke in 1 Stunde: 0,00093 mm.

Bei der Verstählung von Kupferplatten und Klichees ist mit einer höheren Stromdichte von 0,4 A zu decken, dementsprechend die Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung auf 0,7 V zu erhöhen; die Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung beträgt dann 0,12 V. Nach zwei Minuten Verstählungsdauer, wobei die Ware voll-

ständig gedeckt sein wird, sind die Stromverhältnisse den beim Bad angegebenen normalen Daten entsprechend zu regulieren.

Etwas rascher, ebenfalls viel bei der Verstählung der Druckplatten verwendet, arbeitet folgende Lösung:

II.		
	Wasser	1 l
	Eisenammonsulfat	150 g
	Chlorammon	75 g
	Natriumcitrat	3 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung: . 0,45 **Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung: . . . . 0,02 „
Stromdichte: . . . . 0,1 **Amper**
Badtemperatur: 1 bis 20° C
Konzentration: $12^1/_2$° Bé
Spez. Badwiderstand: 0,39 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0204
Stromausbeute: 76,5 %
Niederschlagstärke in 1 Stunde: 0,00103 mm.

Beim Verstählen von Kupferplatten und Klichees ist stets mit einer höheren Stromdichte von 0,3 bis 0,5 A zu decken, dementsprechend die Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung auf 1 bis 1,5 V zu erhöhen; die Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung beträgt dann etwa 0,1 Volt. Nach zwei Minuten Verstählungsdauer, wobei die Ware vollständig gedeckt sein wird, sind die Stromverhältnisse den beim Bad angegebenen normalen Daten entsprechend zu regulieren.

Als Anoden sind für beide Bäder Platten aus weichem Eisen zu verwenden, die Anodenfläche ebenso groß wie jene der Kathoden.

Diese Lösungen neigen eher dazu, alkalisch zu werden als sauer; bei schwach saurer Reaktion arbeiten sie am schönsten, geben einen schön blaugrauen, brillanten Eisenniederschlag; bei alkalischer Reaktion zeigt derselbe einen unschönen Ton. Die Gegenwart von zitronensaurem Natron verhindert zwar die Abscheidung basischer Salze, hält daher die Lösung klar,

doch wird der Eisenniederschlag stets härter, spröder und dunkler durch diesen Zusatz.

Stahlbad nach Klein. Gewissermaßen als Geheimnis wurde das Stahlbad nach Klein in der St. Petersburger Druckerei zur Anfertigung russischer Staatspapiere betrachtet, speziell deswegen, weil nur mit diesem Bade ein duktiler Eisenniederschlag zu erhalten war, der allerdings nur außerordentlich langsam an Dicke zunahm, aber tatsächlich so biegsam war, daß man Niederschläge von 1 mm Dicke (zu deren Anfertigung wurden mehrere Wochen benötigt!) mehrmals scharf hin und herbiegen kann, ohne daß sie brechen. Klein setzte sein Bad wie folgt zusammen:

III.	**Wasser**	1 l
	Ferrosulfat, krist.	200 g
	Magnesiumsulfat	50 g

Nach Angaben von Maximowitsch*) wird bei einer Temperatur von 18 bis 20° C gearbeitet bei einer Stromdichte von ca. 0,3 Amp./qdm entsprechend einer Badspannung bei 20 cm Elektrodenentfernung von ca. 1 Volt. Maximowitsch stellte die Behauptung auf, daß der Gehalt des Bades an Ferrobikarbonat die Biegsamkeit des daraus gewonnenen Eisenniederschlags bedinge, und gab an, die Verhältnisse in der Weise studiert und seine Ansicht dadurch bestätigt gefunden zu haben, daß er durch allmähliches Eintragen von Natriumbikarbonat aus dem anfänglich sprödes Eisen liefernden Bade nach wenigen Wochen duktiles Eisen erhalten habe.

Verfasser hat diese Angaben geprüft, kam aber nicht zu dem von Maximowitsch angegebenen Resultat. Auch aus einem Bad, das aus frisch präpariertem Ferrobikarbonat in der Hauptsache bestand, konnte das duktile Eisen nicht erhalten werden, man mochte die Stromdichten auch noch so klein wählen. Die Verhältnisse, unter denen man duktiles Elektrolyteisen erhält liegen ganz anders als in der Natur der verwendeten Substanzen allein. Es ist dem Verfasser gelungen, solches Eisen aus kalter Lösung einfach dadurch zu gewinnen, daß er die Wasserstoffblasenbildung begünstigte, und es gelang dadurch,

*) Z. f. E. 1905, p. 53.

bei Stromdichten von 0,15 Amp./qdm einen Eisenniederschlag zu erhalten, der vollkommen biegsam war. In diesem Niederschlag war nur wenig Wasserstoff enthalten. Der Wasserstoffgehalt ließ sich noch erniedrigen, wenn man mit der Stromdichte herabging, und stieg sofort, wenn man sie erhöhte. Über die letzten Resultate der Galvanotechnik bei den Arbeiten zur Gewinnung von Elektrolyteisen sei auf das Werk: F. Förster, Beiträge zur Kenntnis des elektrochemischen Verhaltens des Eisens 1909 und ferner auf das Kapitel über Eisengalvanoplastik in diesem Lehrbuche hingewiesen, wo auch das epochemachende Fischersche Verfahren zur Herstellung von duktilem Elektrolyteisen beschrieben ist. Näheres hierüber werden die Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G. gewiß gerne jedem Interessenten bekanntgeben.

Die Anwendung der elektrolytischen Eisenniederschläge außer zur Verstählung von Druckplatten, Klichees und Stereotypien ist z. Z. noch sehr beschränkt. Wie früher bereits erwähnt, sind es die Anlauffarben des Eisens wie Blau und Braun, die mitunter den Galvanotechniker veranlassen werden, Metalle mit Eisen elektrolytisch zu überziehen, wenn sich auf andere Weise auf solchen Gegenständen die Effekte nicht erzielen lassen. Auch die später beschriebenen Verfahren, schwarzes Eisenoxyduloxyd nach einer der bestehenden Methoden durch chemische Behandlung reinen Eisens herzustellen, veranlaßt die Technik zuweilen, auch andere Metalle, auf denen sich solche intensive Schwarzfärbungen nicht ohne weiteres herstellen lassen, mit Eisen zu überziehen.

Zur Vereisenung von Gußeisen wird der elektrolytische Eisenüberzug manchmal auch deshalb benutzt, um die kohlenstoffhaltige Oberfläche des Gußeisens für eine Behandlung in geschmolzenem Zinn oder Zink, Blei etc. (die sich nur gut an reiner, kohlenstoffarmer Eisenunterlage anlegen) vorzubereiten. Auch für Emaillierungszwecke sind solche Unterlagen (es wird hierfür aber auch eine Nickelschicht als Zwischenlage gerne verwendet!) gebräuchlich.

In allen solchen Fällen wird man aber Bäder mit gutem Leitvermögen verwenden und mit kleinen Stromdichten arbeiten, besonders, wenn es sich um profilierte Projekte handelt.

Die Verwendung dicker Niederschläge in Eisen, wie solche für die Herstellung von eventuell zu härtenden Stempeln, Matritzen etc. in Betracht kommen, fallen unter das Kapitel »Galvanoplastik in Eisen« und sei auf die diesbezüglichen Ausführungen verwiesen.

Verantimonieren.

Das elektrolytisch niedergeschlagene Antimon zeigt je nach der Lösung eine stahlgraue, helle bis dunkle bleiähnliche Farbe, selbt einen violett ins Rötliche spielenden Ton. Besondere Vorteile bietet dieselbe nicht, sie sei nur deshalb angeführt, weil sie möglicherweise für gewisse Effekte eines Versuches wert sein dürfte.

Als selbständiger Niederschlag hat die Verantimonierung noch keine praktische Verwendung gefunden, wohl aber zur Tönung der Metalle, insbesondere in der Silberwarenindustrie findet sie Anwendung, um dem Silber einen Hauch eines grauen Tones zu verleihen, wie man solchen oft für silberne oder versilberte Tafelaufsätze und Kunstobjekte wünscht.

Mehr Verwendung finden die Antimonlösungen zur Erzeugung sogenannter »Oxyde« auf Metallwaren, das sind eigentlich Metallfärbungen, welche ohne Strom in kochenden Antimonlösungen durch Tauchen erzeugt werden.

Für elektrolytische Verantimonierung hat Verfasser folgende Badzusammensetzung recht geeignet gefunden:

Ein Antimonbad für dunkle Verantimonierung wird nach folgender Vorschrift hergestellt:

I.	**Wasser**	1 l
	Schlippsches Salz	50 g
	Kohlensaures Natron, kalziniert	10 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung:	für Kupfer, Messing:	2,4 Volt
	„ Zink:	3,7 „
	„ Eisen:	3,2 „

Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung: . . . . 0,55 Volt

Stromdichte: . . . . 0,35 Amper
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: $4^1/_2$° Bé.
Spez. Badwiderstand: 3,1 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,023
Stromausbeute: 05 %.

Eine lichte Verantimonierung liefert folgendes Bad:

II.		
	Wasser	1 l
	Antimonchlorür, flüssig	1000 g
	Salzsäure	600 g
	Weinsäure	60 g

Zur Erzeugung des eingangs erwähnten sanft grauen Anfluges auf Silber oder versilberten Waren ist diese Lösung geeignet, ebenso für stahlgrauen Niederschlag auf Messing und Kupfer.

Als Anoden dienen bei Verantimonierung Kohlenanoden, in farblose Rohseide eingenäht, die Anodenfläche doppelt so groß als die Warenfläche.

Bei längerer Verantimonierungsdauer verliert der Niederschlag das Ansehen, muß öfters gekratzt werden.

Obige weinsäurehaltige Lösung kann auch zur Färbung von Messingwaren dienen, welche, nach dem Dekapieren in dieser Lösung längere Zeit gekocht, einen rötlichvioletten Ton annehmen. Zu bemerken ist, daß das erst angegebene mit kohlensaurem Natron bereitete Antimonbad haltbarer ist und keinen Schwefelwasserstoff entwickelt, während das andere Bad, eben sowie die meisten Antimonlösungen leicht Kermes ausscheiden und Schwefelwasserstoff entwickeln, daher Gegenständen, bei denen ein Anlaufen zu befürchten ist, fernzuhalten sind.

Arsenniederschlag.

Der Arsenniederschlag wird lediglich nur als Dekoration auf Metallwaren ausgeführt, und zwar zumeist auf figuralen und Beleuchtungsobjekten aus Messing, Bronze oder vermessingtem Zink. Der dunkelgrauen Farbe wegen wird der Arsenniederschlag, weil er einem oxydischen Anlauf des Silbers

ähnelt, in der Metallwarenindustrie als »Oxyd« (Altdeutschoxyd) bezeichnet. Oft dient der Arsenniederschlag nur dazu, nach Abreiben des allseits auf Metallobjekten hergestellten Niederschlages, in den Vertiefungen zurückbleibend, den Objekten einen antiken Charakter zu verleihen. (Vergl. auch Versilberung). In der Galvanoplastik wird der Arsenniederschlag auch zur Herstellung von Trennungsschichten zwischen zwei Metallen verwendet. Als Lösung dient:

Wasser	1 l
Arsenige Säure	100 g
Kohlensaures Natron, kalz.	30 g
Cyankalium 100 %	10 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . **3,2 Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . **0,72 Volt**
Stromdichte . . . . **0,4 Amper**
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: 12° Bé
Spez. Badwiderstand: 3,38 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0285
Stromausbeute: 99 %.

Die Auflösung der arsenigen Säure macht Schwierigkeit, weil sie schwer löslich ist, man hat daher so lange zu kochen und dabei zu rühren, bis die vollständige Lösung erfolgt ist.

Als Anoden sind Kohlenanoden, in farblose Rohseide eingenäht, zu verwenden, die Anodenfläche doppelt so groß als die Warenfläche. Auf Zink läßt sich Arsen auch direkt niederschlagen, jedoch mit einer höheren Badspannung von 3,6 V.

Der Verbrauch des Arsens wird durch Wiederzugabe von arseniger Säure ersetzt, deren Lösung mit etwa 10 Teilen des Bades kochend und umrührend eventuell unter Zusatz von Ätznatron zu erfolgen hat.

Wenn der Niederschlag unansehnlich matt ausfällt oder nicht vollkommen deckt, so ist, vorausgesetzt, daß genügend Arsen im Bad enthalten und die Ware vollkommen dekapiert ist, Cyankalium nachzusetzen.

Verfasser macht besonders darauf aufmerksam, daß die mit dem Niederschlag versehenen Gegenstände, wenn sie aus dem Bad kommen, besonders sorgfältig und gründlich mit Wasser abzubürsten sind, um jede Spur der stark alkalischen Lösung zu entfernen, was durch Abspülen allein nicht erreicht wird; bei Außerachtlassung dieser Maßregel wird der Niederschlag nach kurzer Zeit irisierend. Gegenstände, welche mit Arsenniederschlägen versehen werden, sollten niemals mit Zapon lackiert werden, sondern man bedient sich zur Konservierung solcherart galvanisierter Gegenstände weit besser des alkohollöslichen Brillantlackes. Mit Zapon lackierte, voher im Arsenbade galvanisierte Metallobjekte werden oft bei längerem Lagern unansehnlich und fleckig.

Das Aluminium in der Galvanotechnik.

Aluminiumniederschläge. Es ist bis heute nicht gelungen, Aluminium aus wässeriger Lösung abzuscheiden, und ist dies durch die unedle Natur dieses Metalles dem Lösungswasser gegenüber genügend begründet. Wenn trotzdem verschiedentlich Gerüchte auftauchen, daß es gelungen sei, elektrolytisch aus wässeriger Lösung Aluminium zu fällen, so kann Verfasser nur mitteilen, daß es sich in allen solchen Fällen um »Irreführungen«, gelinde gesprochen, handelte, denn immer war es irgend ein anderes Metall, das der betreffende Erfinder den stets getäuschten Interessenten als Aluminium vorstellen wollte.

Bisher ist es nur möglich, aus geschmolzenen Salzen bzw. Salzgemischen Aluminium durch Elektrolyse in metallischer Form zu erhalten, doch dürfte dies Verfahren für die Zwecke der Galvanotechnik wegen der dabei anzuwendenden Temperaturen einstweilen von keiner praktischen Bedeutung sein. Die bekannte Eigenschaft mancher organischen, in Alkohol löslichen Aluminiumverbindungen, in denen das Aluminium in einem komplexen Anion auftritt, könnte einmal Aussicht haben, dereinst zu einem brauchbaren Verfahren zu führen.

Elektroplattierung des Aluminiums. Dafür gibt es heute bereits eine Anzahl mehr oder weniger geeigneter Arbeits-

weisen, doch setzen auch diese immer reines Aluminium voraus, wohingegen in der Technik fast immer alle möglichen Legierungen von Aluminium und Magnesium (Magnalium) oder mit Zink oder Zinn als Aluminium bezeichnet werden. Solche Legierungen sind zumeist für eine darauffolgende Elektroplattierung gänzlich ungeeignet, denn infolge der Stellung des Aluminiums in der elektrochemischen Spannungsreihe gegenüber den damit legierten Metallen treten in allen Elektrolyten, die man zu solchen Elektroplattierungen verwenden will, lokale Wirkungen zwischen den nebeneinanderliegenden Metallkristallen dieser Legierungen ein, die ein Ansetzen des Überzugsmetalles entweder ganz verhindern oder, wenn ein solcher Überzug gelingt, dessen Haftbarkeit nach kurzer Zeit vereiteln.

Die später folgenden Verfahren sind also nur für reines Aluminium maßgebend. Grundbedingung für ein einigermaßen gutes Haften galvanischer Niederschläge auf Aluminium ist die geeignete

Vorbehandlung des Aluminiums, ehe dieses in die elektrolytischen Bäder gebracht wird. Das Aluminium hat bekanntlich eine außerordentlich große Affinität zum Sauerstoff, und deshalb ist es außerordentlich schwer, eine wirklich oxydfreie, metallisch reine Oberfläche für die darauffolgende Galvanisierung herzustellen. Speziell in Form von Amalgam, wo also Aluminium gewissermaßen in flüssiger Form sich der Einwirkung des Luftsauerstoffs darbietet, ist die Oxydation ganz enorm, und betupft man z. B. reines Aluminium mit etwas Quecksilberchloridlösung, so kann man innerhalb kürzester Zeit beobachten, wie ganze Bäumchen von Aluminiumoxyd aus der Metalloberfläche emporwachsen, und bald würden ganz große Stücke auf diese Weise oxydiert sein. Es schalten daher alle die mit Quecksilber arbeitenden Methoden als ungeeignet von selbst aus, da stets unter einem eventuell auf der verquickten Fläche aufgebrachten galvanischen Niederschlag die zerstörende Wirkung des Quecksilbers in Verbindung mit dem durch die feinsten Poren des Niederschlages hindurchdringenden Sauerstoff Kräfte zu wirken beginnen, die den Niederschlag lostrennen. Gerade diese Porosität aller

in dünnen Schichten aufgetragenen galvanischen Niederschläge schließen auch alle diejenigen Lösungen aus, die Salze oder Substanzen enthalten, in denen Aluminium eine hohe Lösungstension zeigt. Solche Bäder sind cyankaliumhaltige oder ätznatronhaltige Elektrolyte, ferner salzsaure oder flußsaure Elektrolyte etc.

Der von einer Seite gemachte Vorschlag, durch Ansieden in einem mit Cyanquecksilberkalium versetzten Silberbade das Aluminium mit einem Silberamalgam zu überziehen, kann nicht als verläßlich empfohlen werden.

Villon schlug vor, Gegenstände aus Aluminnium eine Stunde lang in ein Bad zu tauchen, das aus

Glyzerin	150 g
Zinkcyanid	25 g
Zinkjodid	25 g

besteht, und dann die Objekte bis zur Rotglut zu erhitzen. Nach dem Erkalten sei mit einer Bürste in Wasser abzubürsten und die Waren dann in die üblichen Silber- oder Goldbäder zu bringen. Ein gutes Resultat war aber beim Nachprüfen nicht zu erzielen.

Neesen gelang es, recht gut aussehende Niederschläge auf Aluminium zu erhalten, ohne daß diese Anspruch auf längere Haltbarkeit machen konnten. Seine Methode bestand darin, daß er die entfetteten Gegenstände in konzentrierte Ätznatronlauge tauchte, bis eine intensive Gasentwicklung sich einstellte. Ohne zu spülen, tauchte er nun die so vorbereiteten Objekte in eine Lösung von 5 g Quecksilberchlorid in 1 l Wasser, spülte mit Wasser ab, tauchte nochmals in Ätznatronlösung, um ventuell oberflächlich gebildetes Aluminiumoxyd zu lösen, und brachte die Objekte mit den anhaftenden Resten von Ätznatronlauge in das Silberbad.

Längere Zeit hielten die so hergestellten Niederschläge stand, sie ließen sich sogar kratzen und mit dem Stahl polieren, jedoch nach wenigen Wochen bildeten sich Blasen auf solcherart galvanisierten Aluminiumteilen, und schreibt dies Verfasser hauptsächlich der Anwendung von Quecksilberchlorid zu.

Burgeß und Hambuechen überziehen Aluminium zuerst mit einer dünnen Zinkhaut durch elektrolytische Behandlung in einem sauren Zinkbade, welches 1 °/₀ Flußsäure (oder auch Fluorkalium oder Fluornatrium) enthält. Als Bad schlagen sie eine 15° Bé schwere Lösung von Zinksulfat nebst Aluminiumsulfat vor, das die obengenannten Mengen von Flußsäure erhält. Das Reinigen vor dieser Verzinkung soll nach diesen Autoren in verdünnter Flußsäure erfolgen, dem eine Nachbehandlung in einem Gemische aus 100 Teilen Schwefelsäure und 75 Teilen Salpetersäure folgen soll.

Die Anwendung der Flußsäure scheint dem Verfasser doch bei den Haaren herbeigezogen zu sein — man kann ebensogut in Natronlauge oder Salzsäure blankbeizen und in konzentrierter Salpetersäure, ohne die Laugenreste zu entfernen, den entstehenden dunklen Anflug beseitigen, um nach Abspülen mit Wasser eine Verzinkung in einem gewöhnlichen schwefelsauren Zinkbade zu bewirken.

Die Vorverzinkung erscheint aber angesichts der bekannten Schwierigkeiten, die eine Zinkunterlage der darauffolgenden Veredlung in anderen galvanischen Bädern bietet, recht wenig vorteilhaft.

Ähnlich wollen die Mannesmann-Röhrenwerke, von einem erstmaligen Zinküberzug ausgehend, Galvanisierungen auf Aluminium erzeugen, allerdings unterschiedlich von den vorhergenannten Autoren dadurch, daß sie das Aluminium mit einer Lösung von Schwefelsilber in Schwefelbalsam und ätherischen Ölen bepinseln und das Silber in einer Muffel bei 500° C unter Luftabschluß einbrennen.

Vernicklung von Aluminium. Im Laboratorium der Langbein-Pfanhauser-Werke wurde ein von Wogrinz stammendes sehr hübsch und verläßlich arbeitendes Verfahren durchgeprüft und mit Erfolg der Technik zugängig gemacht. Der Vorteil dieses Verfahrens besteht darin, daß das Aluminium wie jedes andere Metall mit der gebräuchlichen Entfettungskomposition entfettet wird und dann nach gutem Abspülen mit Wasser in das

Nickelbad „WAL“ gebracht wird, wo es so lange verbleibt, bis ein tadelloser, festhaftender und polierfähiger

Niederschlag entsprechender Dichte erzielt ist. Das Bad arbeitet bei 18—20° C mit Stromdichten von ca. 0,5 Amper pro Quadratdezimeter und bei Badspannungen von ca. 2 bis 3 Volt. Der aus diesem Bade resultierende Nickelniederschlag ist wunderbar weiß, nimmt leicht Glanz an, und es genügt im allgemeinen eine Vernicklungsdauer von $^1/_2$—1 Stunde, um einen genügend starken Niederschlag zu erhalten.

Die so erzielte Vernicklung kann sehr gut als Ausgangsstadium für jede andere Galvanisierung gewählt werden. Soll aus irgend einem Grunde eine Verkupferung oder Vermessingung dieses Nickelniederschlages stattfinden, wozu cyankalische oder Tartratbäder in Verwendung kommen können, so ist die Vernicklung ganz besonders stark zu wählen, um Gewißheit zu haben, daß der Niederschlag in sich geschlossen und porenfrei ist. Man kann sich dann eines jeden beliebigen Bades bedienen, wie solche für die verschiedensten Galvanisierungen in Anwendung sind, und behandelt die vernickelten Gegenstände genau so, wie man Gegenstände aus Reinnickel oder aus hoch nickelhaltigen Legierungen vor und während des Galvanisierens bearbeitet.

Direkte Verkupferung des Aluminiums. Die Aluminium-Gesellschaft in Neuhausen empfahl eine Verkupferung des Aluminiums in einem Bade von etwa folgender Zusammensetzung:

I.	Wasser	1 l
	Salpetersäure 36° Bé	80 g
	Kupfervitriol, krist.	100 g

Die anzuwendende Stromdichte sei 1 Amper pro Quadratdezimeter, bei 5 cm Elektrodenentfernung betrage die Badspannung ca. 4 Volt.

Delval verwendet ein Kupferbad, bestehend aus:

II.	Wasser	1 l
	Kupfervitriol	20 g
	Pyrophosphorsaures Natron	85 g
	Doppeltschwefligsaures Natron	20 g

Einen haltbaren Niederschlag von Kupfer konnte Verfasser aber mit diesem Bade nicht erzielen.

Färben des Aluminiums. Hierzu gibt es, um z. B. schöne mattschwarze Effekte zu erzielen, einen »Einbrennlack«, den die Langbein-Pfanhauser-Werke speziell für Aluminium herstellen.

Aber auch alle anderen Färbungen, die man sonst auf anderen Metallen erzielen kann, sind durch die Möglichkeit, jedes beliebige Metall auf Aluminium aufzutragen, möglich geworden. Man braucht z. B. vorher solid vernickeltes Aluminium nur im sauren Kupferbade zu verkupfern, um darauf alle die auf reinem Kupfer möglichen Metallfärbungen auf chemischem oder elektrochemischem Wege auszuführen.

Natürlich lassen sich auch die meisten anderen Färbungen, die z. B. mit Messing, Eisen, Zink, Silber, Blei etc. als Grundmetall arbeiten, bei Plattierung des Aluminiums mit diesen Metallen anwenden.

Mattieren des Aluminiums. Die aus Aluminiumblech hergestellten Objekte des Handels zeigen meist eine feine Mattierung und diese kann am besten durch Behandlung mit dem Sandstrahl bewirkt werden. Sandstrahlmattiertes Aluminium präsentiert sich aber direkt nach der Behandlung wenig schön, es sieht lehmig grau aus und muß in der »Elpewe-Mattbeize« für Aluminium brillantiert werden. Es genügt, wenn die vorher mattierten Teile einige Sekunden in diese Beize getaucht werden, damit sie ein schönes Aussehen erhalten. Gut ist eine darauffolgende kurze Behandlung mit konzentrierter Salpetersäure. Ein eventuelles

Polieren des Aluminiums erfolgt auf Schwabbel- oder Flatterscheiben auf den bekannten Poliermotoren oder gewöhnlichen Poliermaschinen unter Anwendung der Spezial-Schleif- und Poliermasse für Aluminium der Langbein-Pfanhauser-Werke Akt.-Ges.

Man verwendet eine Schleifgeschwindigkeit unter Anwendung obiger Spezialkomposition von ca. 30 m pro Sekunde, was z. B. bei Poliermaschinen, deren Wellen 2000 Umdrehungen pro Minute machen, durch Anwendung von Scheiben mit ca. 30 cm Durchmesser erreicht wird. Machen die Poliermaschinenwellen weniger Touren, so muß der Scheibendurchmesser dementsprechend vergrößert, umgekehrt dagegen verkleinert werden.

Schwarzoxydierungen auf Aluminium. Sehr schöne Schwarzfärbungen lassen sich mit dem Nigrosinbad der Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G. direkt auf Aluminium erzielen, selbstredend kann man auch auf Kupfer, sofern das Aluminium damit überzogen wurde, schwarze Färbungen erhalten, genau so, als ob man einen kupfernen Gegenstand vor sich hätte. Wird das Nigrosinbad verwendet, so tut man gut, die Reaktion des Bades mit Schwefelsäure schwach sauer zu stellen, wie man dies bei der Vernicklung gewohnt ist. Man arbeitet mit Kohlenanoden, deren Fläche $^1/_3$ so groß wie die Warenfläche bei ca. 2 Volt und Stromdichten von ca. 0,25 Amper.

Oxydierungen.

Zur künstlerischen Ausgestaltung gewisser Metallfabrikate werden einzelne Partien derselben oder auch deren ganze Oberfläche teils auf chemischem, teils auf elektrolytischem Weg mit Farben versehen, was man in der Metallwarenindustrie als »Oxydierung« bezeichnet.

Insbesondere ist die Ausführung der Oxydierungen auf chemischem Weg sehr vielseitig, schon wegen der zahlreichen Farbennuancierungen, die ermöglicht werden. Industriellen, die sich für derartige Oxydierungen interessieren, sei das von Georg Buchner herausgegebene Spezialwerk »Die Metallfärbung und deren Ausführung«, welches eine reichhaltige Sammlung von Oxydierungsmethoden in allen Nuancierungen und auf alle Metalle enthält, bestens empfohlen.

In vorliegendem Werke beschränkt sich Verfasser lediglich auf Ausführung der gebräuchlichsten und meist ausgeführten Oxydierungen, welche verläßliche Resultate sichern. Die ausführlichsten Mitteilungen über diesen Gegenstand sind wie erwähnt in dem Spezialwerk von Steinach-Büchner enthalten.

Schwarzoxyd auf Messing. Die hierzu verwendete Lösung, allgemein unter dem Namen »Schwarzbeize« bekannt, besteht aus:

Wasser	50 g
Ammoniak	500 g
Reinstes Bergblau	100 g

Das Bergblau wird in einer Reibschale mit einem sogenannten Pistill durch allmähliches Zugießen des Ammoniaks angerieben und diese Lösung mit dem vorgeschriebenen Wasserquantum verdünnt. Jedesmal vor Verwendung ist diese „Schwarzbeize" gründlich aufzurühren oder in einer Flasche zu schütteln, weil sich das schwer lösliche Bergblau leicht zu Boden setzt.

Manche Praktiker verwenden anstatt Bergblau das durch Fällen von Kupfervitriollösung mit Soda erhaltene kohlensaure Kupfer oder auch dieses mit Bergblau in verschiedenen Verhältnissen gemischt, Verfasser hat aber stets mit der ammoniakalischen Lösung des Bergblaus die besten Resultate erzielt. Die gelbgebrannten oder glanzgeschliffenen Messingobjekte müssen besonders gewissenhaft entfettet und dekapiert werden, wenn das Schwarzoxydieren tadellos gelingen soll; ein nochmaliges Abbürsten der vollkommen rein dekapierten Objekte mit Weinsteinlösung unmittelbar vor dem Oxydieren und selbstverständlich darauffolgendes Abspülen in mehreren reinen Wassern hat sich als sehr zweckmäßig erwiesen, um ein tadelloses Schwarz zu erhalten.

Ohne die nun ganz reinen Gegenstände trocknen zu lassen, bringt man sie sofort in die Schwarzbeize, taucht sie einigemal schüttelnd ein, bis sie die genügend schwarze Färbung angenommen haben, darauf werden sie in sehr reinem Wasser abgewaschen und schließlich in reinen Sägespänen getrocknet.

Erwärmt man die Schwarzbeize auf etwa 40 bis 50°, so vollzieht sich das Oxydieren bedeutend rascher, es muß aber auch öfters mit Bergblau und Ammoniak nachgeholfen werden, da beides fortgesetzt konsumiert wird. Wird in der erwärmten Schwarzbeize oxydiert, so empfiehlt es sich, die Objekte vor dem Oxydieren durch Eintauchen in heißes Wasser vorzuwärmen. Die Schwarzbeize ist während des Oxydierens fleißig aufzurühren, weil sich immer ein Bodensatz absetzt.

Es ist zu empfehlen, die Schwarzbeize in wohlverschlossenen Flaschen in Vorrat zu halten, denn älter angesetzte Schwarzbeizen funktionieren besser als frisch bereitete.

Nach Versicherung einiger Praktiker soll das fertige Schwarzoxyd an Intensität durch Eintauchen in eine 10%ige Chromnatron- oder Chromkaliumlösung noch gewinnen und der Ton dadurch haltbarer werden.

Das auf diese Weise erzielte »Oxyd« ist intensiv ebenholzschwarz, aber sehr empfindlich, und ist bei der Oxydierung die größte Reinlichkeit zu beachten, damit es gut gelinge. Auch ist es sehr wichtig, die richtige Qualität Messing zu wählen; sehr kupferreiches Messing oxydiert sich schlecht, wird oft nur braunschwarz, Tombak, Alpaka und Kupfer oxydieren dagegen fast gar nicht. Gewöhnliches weiches Messingblech, wie es für die Bijouterie verarbeitet wird, sowie auch nicht allzu kupferreicher Messingguß lassen sich auf diese Art intensiv tiefschwarz oxydieren.

Diese Oxydierungsmethode wird für große figurale Kunstobjekte in Messingguß sehr viel angewendet und wird bei denselben, um den artistischen Effekt noch zu erhöhen, an den vorspringenden Teilen das Oxyd durch Abreiben mit einem mit schwacher Cyankaliumlösung getränkten Lappen teilweise wieder entfernt, um das Messing bloßzulegen.

Erwärmt man einen auf diese Art oxydierten Gegenstand ganz schwach etwa in einem Lackiertrockenofen, so geht das Schwarzoxyd in Braunoxyd über.

Um das Oxyd dauernd zu erhalten, ist es gut, dasselbe mit dünnem, farblosem Metallack (Konservierlack) zu überziehen.

Schwarzoxyd auf verschiedene Metalle. Auf die gleiche Art, wie soeben beschrieben, lassen sich auch Eisen, Zink, überhaupt alle Metalle schwarz oxydieren, wenn man sie vorher recht solid vermessingt und ohne zu kratzen nach sorgfältigem Abspülen sofort in der Schwarzbeize oxydiert. Eine zinkreichere Vermessingung ist geeigneter als Oxydgrund; sollte in solchen Fällen das Oxydieren mißlingen, so war jedenfalls die Vermessingung zu schwach.

Schwarzoxyd auf Eisen und Stahl. Dieses besonders für Taschenuhrgehäuse aus genannten Metallen viel verwendete Oxyd wird auf folgende Art ausgeführt:

Eine Lösung von 1 Teil Kupfernitrat in 5 Teilen absolutem Alkohol wird mittelst eines Pinsels oder auch durch Ein-

tauchen auf die vorher sorgfältig dekapierten Objekte aufgetragen und an der Luft angetrocknet, so daß der Gegenstand wie mit Grünspan gleichmäßig überzogen aussieht; wenn man ihn dann schwach erhitzt, so wird die grüne Patina eine schwarze Farbe annehmen. Nach dem Auskühlen bürstet man die Fläche mit einer feinhaarigen Bürste gleichmäßig ab und wiederholt die ganze Prozedur, bis der gewünschte sattschwarze Ton erreicht ist. Nach drei bis viermaligem Auftragen, Einbrennen und Bürsten zeigt der Ton einen bräunlichen Stich, nach fünf- bis sechsmaliger Prozedur ist er intensiv grauschwarz. Zum Schluß wird das fertige Oxyd mit einer gewachsten Bürste geglänzt (brillantiert).

Es gibt außerdem noch viele Verfahren zum Schwarzfärben von Eisen und Stahl; die meisten bezwecken ein intensives Schwarz und seien nur die am meisten gebräuchlichen Verfahren herausgegriffen.

Diamantschwarzverfahren. Dieses Verfahren stammt von Diettrich und besteht darin, daß die zu färbenden Gegenstände in eine erhitzte Salzschmelze, die Sauerstoff abgibt, einige Sekunden lang eingetaucht werden, wobei sie sich mit einem außerordentlich festhaftenden und widerstandsfähigen Oxyd überziehen. Die Objekte werden an Drähten befestigt und dann in kaltes Wasser geworfen, getrocknet und zaponiert. Der Zaponüberzug verleiht den oxydierten Gegenständen eine schätzenswerte Gleichmäßigkeit, doch kann man an Stelle von Zapon auch Wachs oder Fette verwenden, die man durch Anbürsten auf die oxydierten Objekte aufträgt. Je nachdem die Objekte vorher mattiert oder poliert werden, fällt das Oxyd matt oder glänzend aus, und man unterscheidet mattschwarze oder glanzschwarze (ev. halbmattschwarze) Oxydation. Auf anderen Metallen kann dieses Oxyd ebenfalls angewendet werden, wenn man diese vorher in einem elektrolytischen Eisenbade mit einem Eisenüberzug versieht, vorausgesetzt, daß der Schmelzpunkt der betreffenden Metalle oder Legierungen die Anwendung der Metallsalzschmelze zuläßt.

Das Ferroxydinverfahren der Langbein-Pfanhauser-Werke. Dieses sehr alte Verfahren arbeitet mit einer Flüssigkeit, in welche die vorher gut gereinigten Eisen- und Stahlgegen-

stände eingetaucht, bzw. mit der sie, falls ihre Dimensionen ein solches Eintauchen nicht mehr zulassen, überpinselt werden.

Die so präparierten Teile läßt man an der Luft rosten, was meist 10 bis 24 Stunden dauert, und kocht sie dann in Wasser aus. Diese Prozedur wird zwei- bis dreimal, erforderlichenfalls noch öfter wiederholt und die Gegenstände werden schließlich zaponiert oder gewachst. Schneller erhält man diese Oxydation bei dem von der selben Firma stammenden **Brillantschwarzverfahren** das ähnlich arbeitet, nur genügt hierbei eine einmalige Präparierung.

Will man bei diesen Oxydierungen das bekannte matte Schwarz erhalten, so ist die Anwendung eines Sandstrahlgebläses unerläßlich. Es braucht wohl nicht extra betont zu werden, daß wie alle Oxydierungen so auch die Schwarzoxydationsmethoden eine gewisse Geschicklichkeit erfordern, die nur durch einige Übung bei Gebrauch der einzelnen Verfahren gewonnen werden kann.

Nach einer alten französischen Vorschrift kann man auch **auf elektrolytischem Wege** ein schönes Schwarz auf vorher wohlgereinigten Eisen- und Stahlwaren erzeugen, wenn man wie folgt verfährt: Man hängt die schwarz zu färbenden Objekte als Anoden in reines auf 80 bis 90° C erhitztes Brunnenwasser ein und läßt einen Strom von 6 bis 10 Volt einwirken. Als Badbehälter dient am besten eine gewöhnliche Gußeisenwanne, deren Wände gleichzeitig als Kathoden dienen. Nachdem die Objekte begonnen haben sich zu verfärben, nimmt man sie aus dem Bade und läßt sie an der Luft trocknen, was sehr schnell geht, da ja die angewandte Lösung fast siedend heiß ist.

Nun wird mit einer Borstenbürste abgebürstet und die Objekte werden aufs neue ins Bad gebracht. Nach weiteren 15 Minuten Stromwirkung werden die Gegenstände wieder herausgenommen und gebürstet. Bei jedem Male wird die Oxydierung dunkler; während der Ton der Oxydierung das erstemal braungelb ist, was an und für sich ein ganz hübscher Effekt ist, geht die Farbe nach etwa sechsmaliger Behandlung in ein schönes Ebenholzschwarz über. Nach erfolgter Trocknung und Abbürsten, wie oben beschrieben, werden die Ob-

jekte ebenfalls gewachst, worauf die Gegenstände glänzend schwarz erscheinen.

Elektrolytisches Schwarzfärbebad „Nigrosin“. Dieses Bad ist ein aus verschiedenen Metallsalzen bestehender Elektrolyt, der kathodisch einen glänzenden schwarzen und polierfähigen Niederschlag liefert. Es fallen mehrere Metalle nebeneinander aus, und zwar muß sehr langsam gearbeitet werden, wenn man gute Resultate erhalten will. Man arbeitet bei 1,5 bis 2 Volt und bei Stromdichten von 0,15 bis 0,2 Amper unter Anwendung von Kohlenanoden. Die Temperatur des Bades ist 18 bis 20° C. Die Badreaktion soll tunlichst neutral gehalten werden, eher alkalisch.

Die Anoden sind mittelst messingener Schrauben und Messingstreifen so einzuhängen, daß das Messing die Lösung nicht berührt. Die Oberfläche sei etwa $^1/_3$ so groß wie die Warenfläche.

Der Niederschlag fällt anfänglich gelbbraun aus, geht dann zuerst in ein schönes Blau über und wird nach 15 bis 20 Minuten schwarz. Man beläßt die zu oxydierenden Objekte nicht länger als 20 Minuten im Bade und trocknet auf bekannte Weise. Beim Polieren auf der Schwabbel wird der Niederschlag schön schwarz.

Man achte strenge darauf, daß die Lösung nicht zu sauer wird, was bei der Verwendung der unlöslichen Kohlenanoden leicht der Fall ist. Man stumpft dann mit einem Gemisch der verschiedenen, in der Lösung enthaltenen, Metallkarbonate ab, eventuell setzt man etwas Salmiakgeist unter Umrühren zu, um die neutrale Reaktion einzustellen.

Die Haltbarkeit des Nigrosinniederschlages auf Messing und Kupfer läßt sich erhöhen, wenn man die Objekte vorher im Silberbade bzw. im Eintauchsilberbad versilbert. Die Kosten hierfür sind nur unbedeutend, die Haltbarkeit des Niederschlages aber um ein Vielfaches besser. Auf Eisen und Stahl wird praktischerweise aus demselben Grunde eine schwache Verzinkung angewendet, ehe man die Objekte in das Nigrosinbad bringt. Unumgänglich nötig ist die Einhaltung der gleichmäßigen Badspannung, weshalb an keinem Nigrosinbade ein

genauer Voltmesser und feinstufiger Badstromregulator nie fehlen darf, sonst gibt es unliebsamen Ausschuß.

Braunoxyd. Als Grundlage des Braunoxydes dient am besten Kupfer oder eine solide Verkupferung. Taucht man Kupfer in eine erwärmte Lösung von

Wasser	1 l
Schwefelleber	25 g
Kohlensaures Ammoniak	10 g

oder:

Wasser	1 l
Schwefelammonium	25 bis 50 g

so oxydiert es sich schwarz; es bildet sich an der Oberfläche schwarzes Schwefelkupfer. Trocknet man nachher in Sägespänen und überbürstet mit einer steifen, mit Wachs imprägnierten Borstenbürste mit mehlfein pulverisiertem Blutstein, so erzielt man ein sehr solides dunkles Braun.

Wenn man blankgebeiztes Kupfer oder solid überkupfertes Metall mittels einer gewachsten Bürste mit einer trockenen Mischung von Blutsteinpulver und Graphit überbürstet, erzielt man ein helleres Braun, welches man durch größeren oder kleineren Zusatz von Graphit dunkler oder heller tönen kann.

Das ist das sog. Medaillenbraun, wie es auf galvanoplastisch dargestellten oder gegossenen Medaillen und figuralen Gegenständen viel Anwendung findet.

Wenn man kupferne oder solid überkupferte Objekte über Steinkohlenfeuer hält, so läuft die Verkupferung gleichfalls braun an; durch Anreiben mit einem geölten Lappen wird das so erhaltene Braunoxyd brillantiert. Das ist ein sehr solides dunkles Braun für Gebrauchsgegenstände, z. B. Teekannen, verkupferte Eisensäulen, Stiegengeländer, Gitter usw.

Ein Braunoxyd auf chemischem Wege zu erzeugen, ist zwar seit Jahren ein allgemein geäußerter Wunsch, es ist aber leider noch immer nicht gelungen, eine ganz sichere, verläßliche Methode zu finden, trotz der vielen Vorschläge und Versuche, die in dieser Richtung gemacht wurden. Nachfolgend seien einige Versuche zur Verfügung gestellt, bei welchen Verfasser zwar mitunter ganz schöne Resultate erzielt hat, leider aber nie verläßliche. Fast alle Lösungen leiden an rascher Zer-

setzung; infolge dieses Umstandes fallen die Resultate meist sehr ungleich aus. Vielleicht gelingt es einem oder dem anderen der Herren Praktiker, diese Angaben praktisch zu verwerten.

Kupfer und verkupferte Gegenstände sowie auch Messing lassen sich in einer Lösung von

Wasser	500 g
Chlorsaurem Kali	20 g
Nickelsulfat	10 g
Kupfersulfat	90 g

gut färben und man erhält je nach der Dauer des Kochens Töne von neapelgelb bis braun. Der Metallgegenstand aus Guß oder Blech muß vorher in reinem kochenden Wasser gleichmäßig erwärmt, in obiger Lösung unter fortwährendem Bewegen so lange gekocht werden, bis der gewünschte Ton erreicht ist; öfteres Abspülen und Entfernen des sich bildenden Kupferoxyduls mit einer feinen Bürste haben auf die Gleichmäßigkeit der Färbung großen Einfluß. Greift die Lösung nicht mehr egal, so setzt man wieder 10 g chlorsaures Kali zu, macht aber von der Lösung nicht mehr, als man gerade braucht. Durch Zusatz von 1 g übermangansaurem Kali zu obiger Lösung kann man Töne bis kaffeebraun erhalten, doch sind dieselben schon heiklich zu behandeln und erfordern ein häufiges Abbürsten mit Weinstein.

Am sichersten und verläßlichsten gelingt das Braunfärben von Kupfer und Messing durch Anbürsten von gepulvertem amorphen fünffach Schwefelantimon (Goldschwefel); je weniger feucht man aufbürstet, desto dunkler werden die Töne, welche übrigens auch durch Zusatz der gleichen Menge Grünspanpulver bis zu einem dunklen Sepiabraun gebracht werden können, die aber leider am Licht nachdunkeln.

Recht gute Resultate, Metallgegenstände braun zu oxydieren, lassen sich mit einer Lösung von 1 Teil Schlippschem Salz in 10 Teilen Wasser erzielen. Diese Lösung ist kochend zu erhalten, die dekapierten Gegenstände oxydieren sich darin je nach der längeren oder kürzeren Eintauchdauer mehr oder weniger intensiv braun; durch Verdünnung der Lösung kann

der Ton heller gemacht werden. Diese Methode bietet den Vorteil, daß man die Farbe der Oxydierung mehr beherrscht.

Irisierung. In einer Lösung von Bleioxydkali oder Natron kann man mit verkehrtem Strom auf allen Metallen verschiedene Farben erzielen, bei einiger Übung sogar verschiedene Farben gleichzeitig (Farbenspiele).

Die hierzu geeigneten Lösungen sind folgende:

I.	**Wasser**	1 l
	Unterschwefligsaures Natron	100 g
	Bleizucker	50 g

oder

II.	**Wasser**	1 l
	Ätzkali oder Ätznatron	50 g
	Bleioxyd (Massikot)	5 g

Letztere Lösung muß etwa eine Stunde unter fleißigem Umrühren tüchtig gekocht werden, das verdampfende Wasser ersetzend, schließlich filtriert.

Manipulation: Das Bad kann kalt und warm verwendet werden; im warmen Bad vollzieht sich die Irisierung rascher. Man arbeitet mit verkehrtem Strom, d. h. der zu irisierende Gegenstand wird mit dem Anodenpol verbunden, während als Kathode Platindraht oder bei größeren Objekten Neusilberdraht dient.

Gewöhnlich wird der Gegenstand auf den Boden des Gefäßes gelegt, wozu man am vorteilhaftesten Porzellanabdampfschalen verwendet, um die nacheinander entstehenden Farbeneffekte beoachten und nach Belieben behufs Fixierung des erzielten Effektes unterbrechen zu können. Als Kathode verwendet man einen roßhaardünnen Platindraht, mit dem Warenpol der Stromquelle verbunden, welchen man über dem zu irisierenden Gegenstand in das Bad nur ganz wenig eintaucht, so daß er nur die Oberfläche des Bades berührt.

Es ist sehr zweckmäßig, einen Stromregulator einzuschalten, um den Strom regulieren zu können, weil von dessen Stärke der Farbeneffekt abhängig ist. Die verschiedenen Töne zeigen sich in allen Regenbogenfarben in der Regel nacheinander: gewöhnlich gelb zuerst, dann violett, blau, purpurrot,

zum Schluß grau bis schwarzbraun, oft auch mehrere Farbentöne gleichzeitig.

Die entstehende Farbe wird lichter oder dunkler, verändert sich mehr oder weniger rasch, je nach der Intensität des Stromes, oder je nachdem man die Platinkathode mehr oder weniger tief eintaucht, das Bad mehr oder weniger warm ist.

Diese Irisierung findet praktische Verwendung namentlich für kleine Bijouteriegegenstände aus Messing- oder Eisenblech, wie Käfer, Blumen, Schmetterlinge u. ä., deren natürliches Farbenspiel in allen Regenbogenfarben sich täuschend ähnlich nachahmen läßt; auch die Sensenindustrie hat dieses Verfahren aufgegriffen und erzeugt damit auf vorher gut vernickelten Sensen die bekannten Regenbogenfarben, die parallel zur Schneide der Sense laufen, wenn man einen Draht als Kathode parallel über die Sense spannt.

Hat man den gewünschten Effekt nicht erzielt oder versäumt, so kann man bei Messing- und Kupferlegierungen die mißlungene Irisierung durch Gelbbrennen leicht wieder entfernen und von neuem beginnen.

Um die fertige Irisierung für die Dauer zu erhalten und gegen Veränderung zu schützen, überzieht man sie mit farblosem Metallack (Konservierlack).

Elektrolytische Patina. Der Vollständigkeit halber soll an dieser Stelle auch noch eines von A. Bieder*) stammenden Verfahrens Erwähnung getan werden, mittelst dessen auf rein elektrolytischem Wege eine Oberflächenfärbung erzielt wird.

Die zu überziehenden Gegenstände werden nach vorhergegangenem Reinigen als Kathode in ein Bad gebracht, das aus

Wasser	1 l
Kupfervitriol	23 g
Kaliumbichromat	89 g

bewirkt wird. Die Platinierung erfolgt bei gewöhnlicher Temperatur. Als Anoden dienen Knpfer- oder Messingplatten. Der Überzug, der den Gegenständen ein antikes Aussehen verleiht, erfolgt sehr rasch unter Anwendung einer Badspannung von 6 Volt.

*) Brass World and Platers Guide. 1909, Bd. 5, S. 393.

Nach F. Fischer werden schießlich auf bleiernen oder elektrolytisch verbleiten Gegenständen aus phosphorsaurer Lösung sehr verläßliche Färbungen von gelbbraun bis dunkelbraun erzeugt, wenn man die Gegenstände als Anoden in das erwärmte Bad hängt und bei 2 Volt arbeitet. Die so hergestellten Färbungen sind sogar sehr haltbar und polierfähig.

Niellieren.

Das Niellieren wird nur auf echtes Silber angewendet. Es ist dies ein dem Silberoxyd ähnlicher grau oder bläulich schwarzer Ton, womit Silbergegenstände teilweise bedeckt werden, wie dies namentlich auf Manschettenknöpfen, Medaillons, Tabaksdosen usw. in der Silberwarenindustrie sehr häufig gemacht wird.

Das zum Niellieren verwendete »Niello« ist eine zusammengeschmolzene Mischung von Schwefelblei, Schwefelsilber und Schwefelkupfer in verschiedenen Verhältnissen, welche man in einem Achatmörser zu feinstem Mehl pulverisiert, mit ein wenig Salmiaklösung zu einem ölfarbähnlichen Brei anreibt, den man in die in Silber gravierten Vertiefungen einreibt und im Muffelofen in der Rotglut einschmilzt, schließlich abschleift, um die mit Niello ausgefüllte gravierte Zeichnung rein zu erhalten.

Das Niellopulver wird folendermaßen hergestellt: Man schmilzt 20 g Silber, 90 g Kupfer und 150 g Blei zusammen und trägt in die geschmolzene Masse 750 g Schwefel und 20 g Chlorammon ein. Der Tiegel wird zugedeckt und die Masse so lange erhitzt, bis keine Schwefelflamme mehr zu beobachten ist. Man bereitet sich indessen einen zweiten Tiegel vor, füllt denselben bis 1 cm über dem Boden mit Schwefel, gießt die im ersten Tiegel befindliche geschmolzene Masse hinein, bedeckt den Tiegel gut und läßt den Inhalt in der Schwefelatmosphäre langsam erkalten. Der Inhalt wird dann nochmals geschmolzen, in Wasser granuliert und schließlich gepulvert.

Nielloimitation erzielt man auf Luxusgegenständen aus Messing, wenn man dieselben zuerst versilbert, dann die nielliert sein sollenden Stellen graviert, wodurch der Messinggrund bloßgelegt wird, diesen mit Weinsteinsäure abbürstet und in der Seite 624 beschriebenen Schwarzbeize oxydiert. Metallknöpfe

werden auf diese Art in großen Mengen mit Silber und Oxyd versehen; diese Knöpfe sind meist vertieft geprägt, entweder mit der Firma des Fabrikanten oder sonst mit einer Inschrift oder mit Zeichnungen, Quadraten u. ä. Verzierungen versehen. Diese Knöpfe werden zuerst in der Eintauch-Silberlösung durch Eintauchen versilbert, dann wird die Versilberung auf den erhabenen Stellen mittelst einer Schleifscheibe abgeschliffen, um das Messing bloßzulegen; die Gegenstände werden dann in größerer Menge mittelst Steinzeugkörben in Weinsteinwasser, dann in reinem Wasser gut abgespült und sofort in die Schwarzoxydlösung eingetaucht. Die bloßgelegten, unversilberten Messingstellen oxydieren sich schwarz, während das Silber unverändert bleibt; man erreicht auf diese Art einen sehr schönen, der Niellierung ähnlichen Effekt mit Silber- und Schwarzoxyd, der sehr wenig kostet.

Eine andere Art von Nielloimitation erhält man unter Zuhilfenahme des Nigrosinbades. Diese Art der Nielloimitation ist sogar weit haltbarer und schöner. Die Objekte werden mit Hilfe von Schablonen oder auf andere Art teilweise abgedeckt, nachdem sie vorher versilbert wurden und in bekannter Weise an den nicht gedeckten Stellen schwarz gefärbt. Nach Entfernung der Deckschicht erscheint die Versilberung neben dem Nigrosinschwarz in gewünschter Folge.

Elektrolytische Gravierung.

Die elektrolytische Gravierung ist nichts Neues; es wurde ihr schon in älteren Fachwerken das Wort geredet, namentlich Roseleur hat hierüber schon vor vielen Jahren ganz ausführlich geschrieben.

Daß dieselbe nicht in ausgedehnter Weise praktisch verwertet wird, ist nicht gut begreiflich, da sie doch gegenüber der allgemein üblichen Ätzmethode mit Säuren so manchen Vorteil bietet; jedenfalls ist dieselbe viel einfacher und bequemer auszuführen als das chemische Ätzen, wozu meist Salpetersäure oder Salzsäure verwendet wird und wobei unvermeidlich Säuredämpfe entwickelt werden, deren Einatmung den Atmungsorganen gewiß nicht zuträglich ist. Berücksichtigt man noch,

daß es ganz im Belieben des Manipulanten liegt, die elektrolytische Gravierung mehr oder weniger tief zu machen, selbst auf ein und derselben Platte verschieden tief, so sollte man doch wohl meinen, daß dieses Verfahren wert sei, einer Beachtung und eingehender Versuche von seiten der betreffenden Fachleute gewürdigt zu werden.

Die Ausführung der elektrolytischen Gravierung geschieht in der Weise, daß man den zu gravierenden Gegenstand mit Lack, geschmolzenem Stearin oder sonst einem isolierenden Deckmittel überzieht, die zu gravierenden Stellen des Metalles bloßlegt, mit Spiritus, Benzin, Salmiakgeist oder irgend einem geeigneten Reinigungsmittel abbürstet, jedoch so, daß die isolierende Deckschicht nicht leidet. Den so vorbereiteten Gegenstand hängt man in das Bad, und zwar »als Anode«, also mit dem Anodenpol der Stromquelle verbunden; als Kathode kann man irgend einen beliebigen Stromleiter einhängen, welcher von der Lösung nicht zerstört wird, entweder eine geignete Metallplatte oder auch Kohlenplatten. Sobald der Strom seine elektrolytische Tätigkeit beginnt, wird der als Anode eingehängte Gegenstand an den bloßgelegten Metallflächen aufgelöst, während die mit der isolierenden Schichte gedeckten Flächen unberührt bleiben.

Als Bad kann man jede Elektroplattierlösung verwenden, welche dem zu gravierenden Metall entspricht. Also für Kupfer ein Kupferbad, für Silber ein Silberbad usw. oder auch nur eine Cyankalilösung ohne jeden Metallsalzzusatz, da für diesen Zweck der Metallgehalt der Lösung gar keine Rolle spielt.

Bei dem Umstand jedoch, daß die zu gravierenden Objekte meist mit isolierenden fetten oder harzigen Substanzen gedeckt werden, welche die Cyankaliumlösung bei längerer Einwirkung zerstört, dürfte als Bad eine mit Wasser verdünnte Säure bessere Dienste leisten, z. B. verdünnte Salpetersäure, Salzsäure, Schwefelsäure; selbst Essigsäure und Zitronensäure eignen sich ganz gut dazu.

Handelt es sich darum, auf einem Gegenstand, z. B. auf einer Platte eine Gravierung in verschiedenen Tiefen zu erzielen, so braucht man nur die als Kathode dienende Platte gegen die zu gravierende Fläche schief zu stellen; da wo die

Entfernung kleiner ist, wird die Gravierung tiefer ausfallen als an den weiter entfernten Elektrodenflächen.

Die elektrolytische Gravierung könnte wohl in vielen Fällen Anwendung finden; z. B. ist eine

Guillochierungsimitation auf die Weise praktisch, billig und rationell ausführbar, daß man mittelst Lithographie mit einer fetten Farbe auf die Metallfläche ein Muster druckt, das als Deckgrund dient, die zu gravierende, die Guillochierung darstellende Zeichnung freiläßt; bestreut man die bedruckte Fläche mit pulverisiertem Asphalt, Kolophonium oder Siegellack, so wird das Pulver auf der Druckfarbe haften, von den unbedruckten Stellen dagegen sich wegblasen lassen. Erwärmt man geschickt den Gegenstand, um die obengenannten pulverisierten Substanzen zum Schmelzen zu bringen, so werden diese nach dem Erkalten und Erstarren einen Deckgrund geben, neben welchem die ungedeckten Metallflächen von dem elektrolytischen Prozeß angegriffen, auf diese Art das gewünschte Muster vertieft erhalten wird.

Ferner ist auch die Anfertigung von Platten und Walzen für Zeugdruck, Buntpapierfabrikation für Pressungen in Papier, Stoffen (Appretur), Leder usw., welche von Graveuren mit großen Kosten gemacht werden, mittelst der elektrolytischen Gravierung nicht so schwierig; das wäre für diese Industrien ohne Zweifel eine billigere Anfertigung ihrer Dessinplatten oder Walzen.

Metallinkrustationen.

(Tauschierungsimitation.)

Wenn man Metallflächen mit einer isolierenden Schichte deckt, dann irgend eine Zeichnung vertieft hineingraviert, oder auch auf die vorhin beschriebene Weise elektrolytisch graviert, dann die gravierten Stellen metallblank reinigt (dekapiert), darauf Gold, Silber, Nickel oder sonst ein Metall in so dicker Schichte in die gravierten Stellen niederschlägt, daß der Niederschlag die Vertiefung wieder ausfüllt, schließlich nach Entfernung des Deckmittels die Oberfläche glattschleift, so erhält man auf diese Art Gold-, Silber- oder jede andere

gewünschte Metallinkrustation, der alten Tauschierung täuschend ähnlich. Dieses Verfahren wird vielfach auf Gegenständen der Metallkunstindustrie, namentlich für Altertumsimitationen, praktisch verwertet, und es werden damit sehr schöne Effekte erzielt.

Lackieren (Vernieren) der Metalle.

Es kommt in der Metallwarenfabrikation sehr häufig vor, daß Metalle, namentlich Messingwaren, mit Lacken überzogen werden, und zwar:

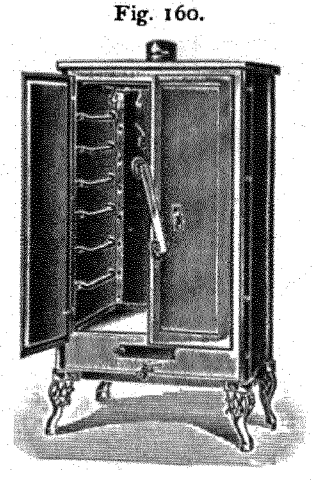
1. Mit farblosen Lacken, um den natürlichen Metallton zu belassen und das Metall vor Oxydation (Anlauf) zu schützen, wie bei der billigen Metalldruckware (Möbel- und Pfeifenbeschläge), oder bei den schweren Bronzewaren (Cuivre poli) oder bei der Silber- oder versilberten (Christoffle-Chinasilber-) Ware usw.
2. Mit den sogenannten Goldlacken, um den Metallen, ohne sie wirklich zu vergolden, ein goldähnliches Aussehen zu verleihen; für billige Druckware aus Messing, z. B. für Möbel- und Albumbeschläge viel angewendet.
3. Mit farbigen Lacken in allen Farben, namentlich in der französischen Knopfindustrie sehr gebräuchlich.

Zum Auftragen der Lacke verwendet man feine flache Iltispinsel, mehr oder weniger breit, je nach der Größe der zu lackierenden Metallfläche. Das Auftragen der Lacke erfordert einige Übung; die Lackierer von Fach besitzen eine große Fertigkeit hierin. Um eine egale glatte Lackfläche zu erzielen, ohne Strich und ohne Anstoß, wird der Lack auf den leicht vorgewärmten Gegenstand in großen Strichen rasch aufgetragen, dann in einem Trockenofen (Lackierofen), siehe Fig. 160 und Fig. 161, bei 60—70° C getrocknet. Dieses warme Trocknen hat nicht allein den Zweck des Trocknens, sondern auch den, die Harze, aus welchen die Metallacke erzeugt werden, zu schmelzen, durchsichtig und den Lacküberzug brillanter zu machen. Mißlingt ein Lacküberzug, so ist er mittelst Spiritus oder Azeton leicht wieder abgenommen. Es ist selbstverständlich, daß die Metallfläche vor dem Lackieren ganz rein,

blank und trocken sein muß, deshalb darf man auch die zu lackierenden Waren keinesfalls mit der bloßen Hand anfassen, und es muß die Oberfläche des zu lackierenden Gegenstandes vorher mit einem Wattebausch, der mit Benzin getränkt wurde, entfettet werden.

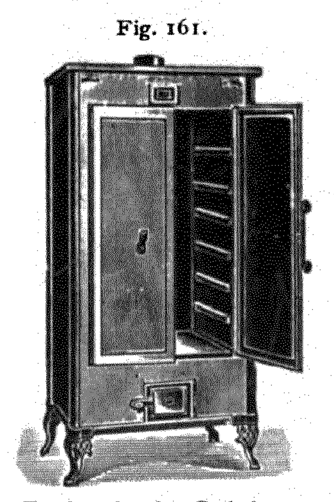
Die Metallacke (z. B. Brillantlack) sind fast alle mit Alkohol dargestellt, worin das entsprechende Harz gelöst und mit irgend einem Farbstoff gefärbt wurde. Sind solche Lacke zu dickflüssig, so verdünnt man sie mit absolutem Alkohol, sind sie zu dünnflüssig, so läßt man die Lackflasche unverstöpselt

Fig. 160.



Trockenofen für Dampfheizung.

Fig. 161.



Trockenofen für Gasheizung.

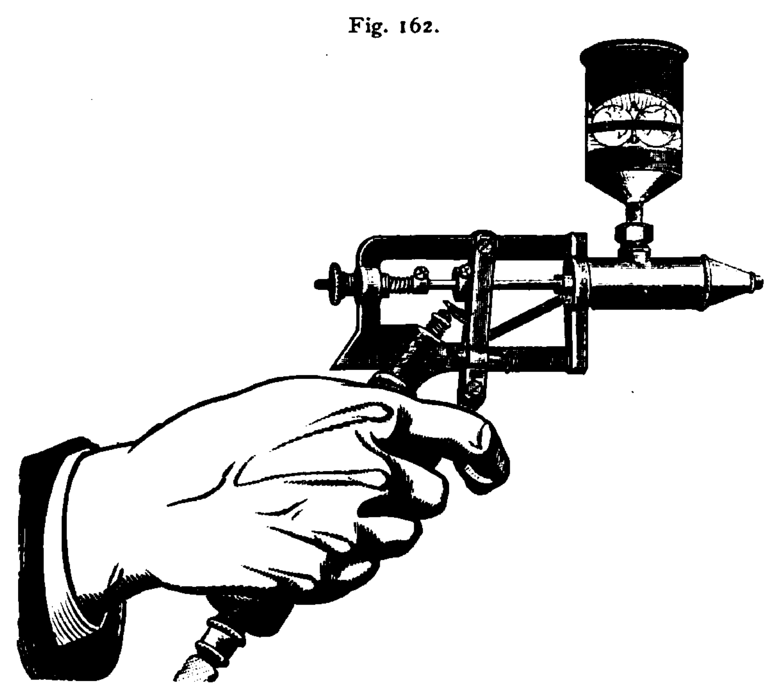
offen stehen, bis der Lack die gewünschte Konsistenz zeigt. Jeder geübte Lackierer richtet sich den käuflichen Lack erst selbst zu, wie er ihn für seine Arbeit braucht.

Das Überziehen mit farblosem Lack ist am empfindlichsten, wenn es sich um das Lackieren matter Silberflächen handelt, um den schönen, weißen, samtartig matten Silbereffekt dauernd zu erhalten, dem Vergilben, Anlaufen vorzubeugen, ohne das delikate zarte Silberweiß durch den Lacküberzug zu alterieren. Dazu gehört ein ganz klarer, möglichst wasserheller (farbloser) Metallack, der erforderlichenfalls noch mit absolutem Alkohol zu verdünnen ist. Am besten verwendet man den sogenannten Zaponlack, eine Lösung ganz reinen Zelluloids in einem

Gemisch von Amylazetat und Azeton. Dieser Lack muß aber eine bestimmte Konzentration aufweisen; ist er zu dünn, so entstehen leicht irisierende Flächen, ist er zu dick, dann leidet der Glanz und er ist dann mit »Zaponverdünnung« zu verdünnen.

Das Überziehen mit Goldlacken. Um den richtigen gewünschten Goldton zu treffen, muß sich der Lackierer seine Goldlacke stets erst selbst stimmen, den Gelbgoldlack mit

Fig. 162.



Lackspritz-Vorrichtung.

farblosem Lack abstumpfen, falls er zu hoch im Ton ist, allenfalls auch noch mit absolutem Alkohol verdünnen; andernfalls, wenn ein höherer Goldton gewünscht wird, setzt man von dem Rotgoldlack etwas zu usf.

Das Überziehen mit farbigen Lacken spielt besonders in der französischen Knopfindustrie eine große Rolle, und werden namentlich in Blau, Scharlach und anderen brillanten Farben wunderbar schöne Effekte dadurch erzielt, daß die meist aus Messing verfertigten Objekte vor dem Lackieren »leicht ver-

silbert« wurden, wozu die billige Sudversilberung vollkommen ausreicht.

Anspritz-Lackierung. Anstatt der echten elektrolytischen Vergoldung wird sehr oft durch eine sehr sinnreich konstruierte Apparatur eine in einem speziellen Lösungsmittel suspendierte feine Goldbronze (auch andere Metallpulver lassen sich so auftragen!) durch Aufspritzen eine wundervolle matte Goldimitation erhalten. Das aufzutragende Gut wird in einen am Apparat angebrachten Behälter gefüllt und der Lack mittelst stark komprimierter Luft oder Kohlensäure bei ca. $1-1^1/_2$ Atm. Druck in einem feinen Strahl auf den zu behandelnden Gegenstand aufgetragen. Die Düse, aus der der Lack ausströmt, ist stellbar eingerichtet, so daß man den Strahl nach Belieben breit oder spitz stellen kann, je nachdem schmale oder breite Flächen zu behandeln sind. Dadurch, daß man eine feine pulverförmige Bronze aufträgt, erhält der Gegenstand das Aussehen, als ob er mattiert sei. Selbstredend ist auf diese Art und Weise nur ein Surrogat für echte Vergoldung zu erhalten, und solcherart hergestellte Artikel können keinen Anspruch auf Dauerhaftigkeit des Aussehens erheben. Nach Benutzung muß der im Vorratsbehälter des Apparates befindliche Lack entleert werden; die Düse und die anderen leicht zerlegbaren Teile der Apparatur sind mit Zaponverdünnung auszuwaschen, andernfalls würden sich die feinen Kanäle verstopfen und der Apparat bei neuerlicher Benutzung versagen. Vgl. Fig. 162.

Versilbern und Vergolden leonischer Drähte.

Es ist dies eine ganz spezielle Industrie, welche sich mit dem Galvanisieren solch dünner Drähte befaßt, die meist nur einen Durchmesser von 0,04—0,15 mm besitzen. Man hat hierzu komplizierte Spezialmaschinen gebaut, und zwar sind diese Konstruktionen je nach der Art der Drähte sehr verschieden, so daß es jedem einzelnen Fabrikanten überlassen bleibt, sich die normalen Einrichtungen in einer für seinen speziellen Bedarf zweckmäßigen Weise selbst abzuändern;

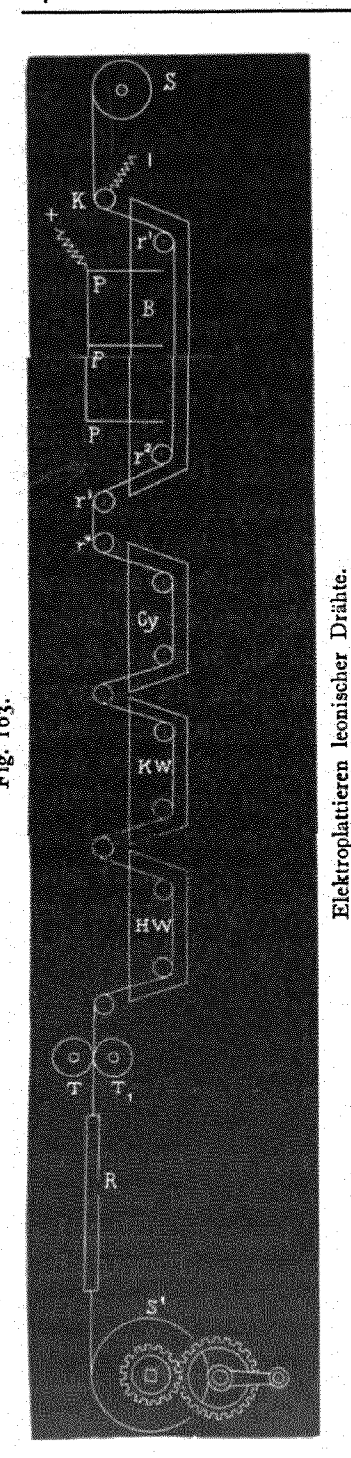


Fig. 163. Elektroplattieren leonischer Drähte.

nachfolgende Erklärung kann daher nur als allgemeine Norm dienen.

Die Elektroplattierung leonischer Drähte soll man sofort nach dem Ziehen derselben ausführen, um dem Metall nicht erst Zeit zu lassen, an der Luft wieder anzulaufen; es werden fast nur Drähte aus Silber oder Kupfer plattiert, also Metalle, die an der Luft rasch anlaufen.

Begreiflicherweise besitzt das Metall unmittelbar nach dem Ziehen die erforderliche Reinheit, um eine schöne, brillante Vergoldung oder Versilberung zu gewährleisten; lagert jedoch der gezogene Draht längere Zeit an der Luft, so läuft er an (oxydiert); die Elektroplattierung wird dann nicht so gleichmäßig und brillant ausfallen, da man den feinen Draht nicht dekapieren kann.

Für sog. echten oder feinen leonischen Golddraht wird stets Feinsilberdraht verwendet, während »unechter leonischer Golddraht« nichts anderes als vergoldeter Kupferdraht ist. Nach Stockmeier wird vor der Vergoldung der Draht erst vermessingt, weil man auf diese Weise an Gold sparen kann.

Leonische Drähte werden ausschließlich nur vergoldet oder versilbert; die Vorrichtung hierzu ist im Grundprinzip in Figur 163 schematisch dargestellt.

»S« ist die Drahtspule, welche sich um eine Welle leicht dreht; auf der entgegengesetzten Seite befindet sich die Drahtspule »S[1]«, welche auf einer viereckigen Welle festsitzend befestigt ist, mittelst Zahnräderübersetzung mehr oder weniger rasch gedreht werden kann. Von der Spule »S« wird der Draht abgewickelt, durch das Bad und die verschiedenen nachfolgend erklärten Vorrichtungen gezogen, auf die Spule »S[1]« (fertig vergoldet oder versilbert) aufgewickelt. »B« ist das Bad, welches mittelst einer Anzahl kleiner Gasflämmchen oder mittelst Herdfeuer erwärmt und konstant auf gleicher Temperatur erhalten wird; als Behälter für das Bad dient stets eine emaillierte Eisenwanne entsprechender Länge, Tiefe und Breite. Meist sind diese Wannen 0,5 m lang und besitzen eine Breite von 3,5—7 cm bei einer Tiefe von 5—6 cm. Der von der Spule »S« abgewickelte Draht läuft zunächst über eine blankpolierte Kupferstange »K«, welche mit dem negativen Pol der Stromquelle in Verbindung den Kontakt mit den zu elektroplattierenden Drähten herstellt. In etwa zwei Drittel der Tiefe des Bades befinden sich kleine Rollen »r_1 r_2« aus Glas, Porzellan oder Elfenbein, welche sich auf einer Welle aus gleichem Material sehr leicht drehen und durch spezielle Vorrichtungen in die Badflüssigkeit eingetaucht werden, unter den Rollen wird der Draht durchgezogen, läuft außerhalb des Bades über die folgenden zwei gleichfalls leicht drehbaren Rollen »r_3 r_4«, passiert dann eine schwache Cyankaliumlösung in dem Gefäß »Cy«, nach diesem das mit kaltem Wasser gefüllte Gefäß »KW«, ferner das mit kochendem Wasser gefüllte Waschgefäß »HW«, läuft nachher zwischen den zwei fest aufeinander pressenden Rollen »TT[1]« durch. Diese zwei Rollen sind mit mehreren Lagen Leinwand oder sonst einem zum Abtrocknen geeigneten Stoff belegt und haben den Zweck, den Draht zu trocknen; sie müssen durch eine mechanische Vorrichtung gedreht werden, um die vom Draht befeuchteten Stellen jeweilig durch trockene zu ersetzen.

Sehr zweckmäßig wäre es, diesen zwei Rollen die Form von hohlen Zylindern zu geben, welche innen kontinuierlich erwärmt werden, so daß die Feuchtigkeit verdampft und rasch wieder entfernt wird.

Nach diesen zwei Rollen passiert der trockene Draht noch eine möglichst enge Kupferröhre »R«, welche mit einer Wärmvorrichtung fast rotglühend erhalten und in welcher der Draht noch vollständig nachgetrocknet wird, bevor er auf die Spule »S¹« wieder aufgewickelt wird.

Soll Kupferdraht versilbert werden, so bedient man sich folgender Lösung:

Wasser	1 l
Feinsilber als Chlorsilber	50 g
Cyankalium 100 %	125 g

Man wählt gewöhnlich eine Auflage von 6—25 g Silber pro 1 kg Draht.

Zum Vergolden dient eine Lösung:

Wasser	1 l
Phosphorsaures Natron	60 g
Neutral schwefligsaures Natron	10 g
Cyankalium 100 %	2 g
Gold als Chlorgold	2 g

Auch beim Vergolden wird selten mehr als eine Metallauflage von 10 g Gold pro 1 kg Draht in Anwendung gebracht.

Als Anoden in dem Bad »B« dienen eine Anzahl Goldplättchen »PPP«, welche mit dem positiven Pol der Stromquelle in Verbindung sind. Man verwendet oftmals bei der Vergoldung der Drähte auch Platinanoden, die sich sehr lange halten, obschon sie nicht ganz unlöslich sind. In 2—3 Jahren kann in solchen Anlagen mit Leichtigkeit 10—20 g Platin gelöst werden, speziell dann, wenn mit einem großen Cyankaliumüberschuß gearbeitet wird. Je nach der gewünschten leichteren oder stärkeren Elektroplattierung wird der Draht mit einer größeren oder geringeren Geschwindigkeit durch die Apparatur durchgezogen.

In Anbetracht des raschen Durchganges (2—3 m pro Sekunde) und des hohen Leitungswiderstandes dieser dünnen Drähte selbst muß mit einer ziemlich hohen Badspannung von 10 bis 15 Volt (je nach der Elektrodenentfernung) gearbeitet werden, damit die Stromdichte hoch genug ist, um bei der großen

Durchzugsgeschwindigkeit der Drähte durch das Bad auf jene einen genügend starken Goldniederschlag zu erzielen.

Die aufgetragene Goldschicht beträgt bei schwacher Vergoldung z. B. $^1/_{25000}$ eines Millimeters, bei ganz starker Vergoldung dagegen übersteigt sie nicht $^1/_{600}$ eines Millimeters.

Kontakt- und Ansiedeverfahren.

Obschon es der Galvanotechnik heute nicht mehr an höchst ökonomisch arbeitenden elektrolytischen Verfahren fehlt und auch für die Galvanisierung von Massenartikeln verhältnismäßig billig erhältliche Massengalvanisierungs-Apparate existieren, sollen der Vollständigkeit halber auch die älteren Verfahren zum »Kontakt-Galvanisieren« und »Ansieden« bzw. die »Eintauchverfahren« beschrieben werden, soweit sich die Technik ihrer bedient. Manche Artikel sollen gewissermaßen nur gefärbt erscheinen und es soll bloß das Minimum an Kosten zur Veredlung angewendet werden. Dafür sind solche Verfahren unter Umständen empfehlenswert.

Es ist jedermann wohlbekannt, daß man Eisen mit einem Kupferüberzug versehen kann, wenn man es in geeignete Kupferlösungen taucht. Der Vorgang ist für alle Eintauch- oder Ansiedeverfahren derselbe, bloß wird das Ansiedeverfahren, wie schon die Bezeichnung sagt, in hocherhitzten Lösungen bewirkt, während die Eintauchverfahren oftmals mit kalten Bädern arbeiten.

Wenn nun auch alle diese nachstehend beschriebenen Verfahren ohne äußere Stromquelle arbeiten, d. h. man benötigt zum Niederschlagen keine Dynamo oder Batterie, so sind doch elektrische Vorgänge wirksam, welche bei der erfolgenden Metallabscheidung wirksam sind. Diese Verfahren arbeiten, trotzdem keine nennenswerten Anlagekosten zu ihrer Ausführung erforderlich sind, durchaus nicht so billig, als man annehmen könnte, denn man muß bedenken, daß bei diesen Methoden alles Metall, das sich auf den Waren niederschlägt, lediglich durch den Metallsalzgehalt der Lösung gedeckt werden muß, während bei den gewöhnlich angewendeten

elektrolytischen Verfahren das niedergeschlagene Metall gewissermaßen automatisch durch die während des elektrolytischen Prozesses in Lösung gehenden Metallanoden ersetzt wird. Nun leuchtet es ein, daß das Metall billiger zu beschaffen ist, wenn man es von metallischen Anoden durch den Prozeß selbst abzieht, als wenn man fortgesetzt das während der Arbeit aus der Lösung verschwindende Metall in Form teurer Metallsalze ersetzen muß, um den zur Ausführung dieser Verfahren nötigen Mindest-Metallgehalt der Lösung aufrechtzuerhalten.

Die Vorgänge, die sich bei der Metallabscheidung bei den Kontakt- und Ansiedeverfahren abspielen, erklären sich in einfacher Weise durch sogenannte chemische Ketten. Es sind die gleichen Vorgänge, die wir bei der Erklärung der Entstehung galvanischer Ströme in den Elementen kennen gelernt haben. Taucht man z. B. Kupfer in eine alkalische Lösung von Zinnsalzen, so entsteht ein durch den eingetauchten Gegenstand kurzgeschlossenes galvanisches Element, in welchem sich Kupfer löst, während Zinn an seiner Stelle abgeschieden wird.

Es liegt auf der Hand, daß solcherart erzielte Metallüberzüge nur ganz dünn sein können, denn diese Art Stromwirkung hört sofort auf, wenn der Kupfergegenstand z. B. allseitig mit Zinn bedeckt ist. Man kann aber durch Ansieden bzw. Eintauchen stets nur hauchdünne Niederschläge erhalten, selbst wenn man die Objekte noch so lange im Bade belassen würde. Maßgebend für die Möglichkeit solcher Metallabscheidungen ist stets die Stellung der beiden in Betracht kommenden Metalle in der elektrischen Spannungsreihe, welche dieselben bei Anwendung einer gegebenen Lösung zueinander einnehmen. Je weiter entfernt sie voneinander stehen, desto größer ist die wirksame Potentialdifferenz, die den zur Metallabscheidung erforderlichen elektrischen Strom erzeugt.

Dort, wo Metalle in Frage kommen, die bei Anwendung einer bestimmten Lösung in der Spannungsreihe noch beisammenstehen, hilft man sich dadurch, daß man ein Kontaktmetall zuhilfe nimmt. Solche Metalle sind alle stark elektropositive Metalle, wie Zink, Aluminium, Magnesium, Kadmium etc. Diese Kontaktmetalle werden mit den zu überziehenden Metallen

in möglichst innigen Kontakt gebracht, gehen als Lösungselektrode in Lösung (in diesem Falle negative Elektrode), während als positive Elektrode (positiv in bezug auf den Außenstromkreis) die zu überziehenden Metallstücke aufgefaßt werden müssen.

Die Metallüberzüge, die durch Kontaktverfahren hergestellt werden, sind nun schon etwas stärker, denn die Stromwirkung dauert so lange, bis das Kontaktmetall allseitig ebenfalls einen Metallüberzug erhalten hat, wenn dieser nicht (etwa durch Scheuern) fortgesetzt wieder abgerieben wird.

Man kann als Kontaktmaterial entweder Granalien aus solchen Metallen verwenden oder aber Blechstreifen, die man von Hand an die Gegenstände und mit diesen zusammen in die Lösung taucht, schließlich auch siebartige Körper, in die man die Gegenstände einbringt und dann mit diesen zusammen in das Bad taucht. Das Kontaktmaterial lößt sich schon durch den Prozeß auf, noch mehr aber durch das Scheuern, wenn dasselbe nach Gebrauch mit dem Niederschlagsmetall überzogen ist. Dies verteuert selbstredend die Kosten für die Herstellung solcher »dünner« Niederschläge und übersteigt nachgewiesenermaßen die Kosten für den Betrieb einer kleinen Niederspannungs-Dynamo, weshalb immer wieder das elektrolytische Verfahren als verläßlicher und mindest ebenso billig vorgezogen werden muß.

Anstatt die Metalle, die man mit anderen überziehen will, in die Lösungen einzutauchen, kann man solche Lösungen auch anpinseln, etwas Neues kann darin nicht erblickt werden, wenn auch manche Patente auf solche Verfahren angemeldet wurden.
Die Natur der verwendeten Elektrolyte richtet sich meist nach dem Metall, das überzogen werden soll —, meist handelt es sich um alkalische Lösungen, die die Kontaktmetalle intensiv angreifen. Die Leitfähigkeit der Bäder wird stets möglichst hoch gehalten, um im Verein mit den an und für sich kleinen Potentialdifferenzen möglichst hohe Kurzschluß-Stromstärken zu erhalten.

Nötig ist ferner, daß die Elektrolyte so beschaffen sind, daß keine Oxydationen der Metallsalze bei der Arbeit der Bäder vorkommen, und so finden wir in den meisten Bädern

gut leitende Zusätze, wie Cyankalium, Ätznatron, Chlorammon, letzteres zum Teil dazu dienend, die Oxydation der Metallsalze zu verhindern. Zu gleichem Zwecke (fast durchweg aus diesem Grunde) werden auch alle derartigen Lösungen warm verwendet, was allerdings auch wieder die Haltbarkeit dieser Lösungen ungünstig beeinflußt.

Vernicklung durch Kontakt und durch Ansieden.

Die durch Kontakt oder Ansieden erzielbare Vernicklung ist weder in der Farbe noch in der Haltbarkeit mit der auf elektrolytischem Wege erzielbaren Vernicklung zu vergleichen. Die Niederschläge sind stets dunkel und nur auf glanzpolierten Messinggegenständen zur Not anwendbar.

Kocht man z. B. eine neutrale Lösung von 1 Teil Nickelvitriol, $2^1/_2$ Teilen Chlorammon in 10 Teilen Wasser mit vollkommen fettfreien Elektrolyteisenspänen, so kann man darin Messing- und Kupfergegenstände mit einem schwachen Nickelüberzug versehen. Die gleiche Lösung kann auch zur Vernicklung solcher Gegenstände dienen, wenn man sie in einem Sieb aus Aluminium eintaucht, was günstiger ist als die Verwendung selbst ganz reinen Eisens (oder des ganz zu verwerfenden Zinks), weil die Lösung länger brauchbar arbeitet. Dieses alte Rezept wurde, nachdem es längst vergessen war, vor einigen Jahren Basse und Selve, später nochmals A. Darley patentiert und unter dem bestrickenden Namen Autovolt-Verfahren in Deutschland angepriesen. Wie alle diese Verfahren, so hat sich auch letzteres sehr bald wieder unbeliebt gemacht, zumal die vielen Versprechungen, unter denen das Verfahren den Fabrikanten angeboten wurde, nicht gehalten werden konnten. Das Darleysche Rezept lautete:

Wasser	1 l
Chlornickel	13,5 g
Chlorammon	20 g
Kohlensaures Natron	8,5 g
Phosphorsaures Natron	235 g
Kohlensaures Ammoniak	8,5 g

Man arbeitet demnach mit dem sich in diesem Bade bildenden komplexen Doppelsalz Nickelnatriumphosphat, das selbst durch Zusatz anderer alkalisch reagierender Agentien nicht gefällt wird, während durch die Anwesenheit größerer Mengen Chlorionen einerseits eine gute Leitfähigkeit, anderseits die Verhinderung einer sich etwa einstellenden Oxydationskette erzielt wird.

Verkupferung durch Kontakt und durch Ansieden etc.

Für gewisse minderwertige Eisen- und Stahlartikel ist es oft wünschenswert, sie auf besonders billige Weise mit einem wenn auch nur hauchdünnen Kupferüberzug zu versehen, der auf Solidität und Haltbarkeit keinen Anspruch hat, nur den Zweck erfüllen soll, den Artikeln das Aussehen des Kupfers zu verleihen. Für solche Artikel kommt die Verkupferung mit Strom in der Ausführung zu teuer, diese müssen in Massen rasch und billig verkupfert werden. Dies erreicht man durch die Eintauchverkupferung auf folgende Art:

Eintauchverkupferung für Eisen und Stahl: die wohlgereinigten (dekapierten) Eisen- oder Stahlwaren taucht man in folgende kalte Lösung:

Wasser	1 l
Kupfervitriol	10 g
Schwefelsäure	10 g

Man darf jedoch die Objekte nur einen Moment eintauchen, darin etwas schütteln und muß sofort in mehreren reinen Wassern abwaschen und trocknen. Würde man dieses Eintauchen übertreiben, nämlich zu lange oder zu oft eintauchen in der Sucht, eine stärkere Kupferschicht zu erzielen, so würde die Verkupferung nicht haften und sich leicht wieder wegwischen lassen.

Auf diese Art werden z. B. Eisen- und Stahldraht in großen Mengen verkupfert.

Ganz kleine Massenartikel, wie Stahlschreibfedern, Nadeln, Nägel etc. werden verkupfert, indem man sie längere Zeit mit Sand, Sägespänen oder Kleie, welche mit obiger Kupferlösung

(jedoch mit 3 oder 4 Teilen Wasser noch verdünnt) befeuchtet sind, in einer hölzernen Drehtrommel oder sonstigen praktischen Vorrichtung kollert.

Eintauchverkupferung für Zink: Kleine Zinkobjekte, wie Zinkknöpfe u. ä. Massenartikel, für die sich eine Verkupferung mit Strom nicht verlohnt, kann man durch Eintauchen in folgende kalte Lösung verkupfern:

Wasser	**2—3 l**
Kupfervitriol	**500 g**
Salmiakgeist	**1 kg**

Die vorher wohlgereinigten Zinkobjekte werden in nicht zu großer Menge in ein Steinzeugsieb gebracht und damit durch kurzes und schüttelndes Eintauchen in obiger Lösung verkupfert, sofort abgewaschen.

Die gleiche Lösung dient auch zur

Anstrichverkupferung großer Zinkflächen, wie Zinkbedachungen, Bauornamente aus Zink und dergleichen. Die Zinkfläche muß vorher mit Sand und Wasser abgespült oder abgewaschen werden; sofort wird auf die noch nasse Zinkfläche die Kupferlösung mit einem großen Pinsel (Maurerpinsel) oder Schwamm rasch aufgetragen, sofort mit reinem Wasser mittelst Gießkanne abgespült, gleichzeitig mit einem zweiten Schwamm abgewaschen und getrocknet.

Langbein verwendete eine modifizierte Vorschrift von Lüdersdorff wie folgt: Man erwärmt 10 l Wasser auf 60° C, fügt 1 kg kalkfreien pulverisierten Weinstein und 300 g Kupferkarbonat zu, erhält die Lösung auf der angegebenen Temperatur, bis die von der Zersetzung des kohlensauren Kupfersalzes herrührende Gasentwicklung aufhört, und fügt so lange in kleinen Portionen und unter beständigem Umrühren reine Schlämmkreide hinzu, bis auf weiteren Zusatz derselben sich kein Aufbrausen mehr zeigt. Von dem ausgeschiedenen weinsauren Kalium filtriert man die Flüssigkeit ab, wäscht den Niederschlag aus, so daß das Filtrat inkl. Waschwasser 10—12 l mißt, löst 50 g Atznatron und 30 g Cyankalium darin auf. Am besten arbeitet das Bad mit Aluminiumkontakt. Zink läßt sich durch Eintauchen darin schön verkupfern.

Vermessingen durch Kontakt.

Das beste bekannt gewordene Rezept zur Vermessingung ohne äußere Stromquelle ist das von Darley. Es hat folgende Zusammensetzung:

Wasser	1 l
Kupfervitriol	4 g
Zinkvitriol	10 g
Cyankalium 60 %	12,5 g
Ätznatron	15 g

Anstatt 12,5 g 60prozentigen Cyankaliums kann man auch 7,5 g 100prozentiges Cyankalium neben 5 g kohlensaurem Kali verwenden. Die Verwendung 100prozentigen Cyankaliums allein ist nach Langbein zu verwerfen*). Für die Vermessingung hat sich das Verfahren von Darley noch am besten bewährt, obschon die solcherart vermessingten Waren bald rosten, weil der Überzug zu dünn ist.

Versilberung durch Kontakt, Eintauchen und Anreiben.

Kontaktversilberung. Gürtler und Bijouteriearbeiter pflegen vielfach noch kleine Artikel mit Zinkkontakt zu versilbern. Sie umwickeln die Objekte mit einem blanken Zinkdraht oder Zinkblechstreifen und legen so die Artikel in das kalte oder besser in das erwärmte Silberbad. Die Versilberung vollzieht sich in dieser Weise namentlich im warmen Silberbad ebenso wie mit einer recht schwachen Batterie, allerdings entsprechend langsam. Bei billigen Artikeln, die nicht sehr solid versilbert zu sein brauchen, genügt diese Methode ganz gut. Die erzielte Versilberung läßt sich sogar mit Stahl oder Blutstein polieren. Man muß nur darauf sehen, daß die Berührungsstellen, wo die Zinkstreifen anliegen, öfters gewechselt werden, da sonst diese Stellen unversilbert bleiben würden.

*) Jedenfalls deswegen, weil kohlensaure Salze auch in diesen Kontaktbädern einen erhöhten Glanz des ausfallenden Metalles bewirken und dem 100prozentigen Cyankalium das Gehalt an kohlensauren Salzen abgeht.

Ebenso ist der Silberniederschlag, der sich auf die Zinkstreifen ansetzt, mit dem Messer fleißig abzuschaben, um das Zink an den Kontaktstellen bloßzulegen, da sonst eine Versilberung nicht stattfinden könnte. Diese Kontaktstellen, wo das Zink das Objekt berührt hat, bleiben oft schwärzlich, werden aber wieder weiß, wenn man die versilberten Waren nochmals einige Augenblicke in das Silberbad eintaucht, nachdem man vorher die Zinkstückchen abgenommen hat.

Diese Versilberung mit Zinkkontakt ist veraltet und schon aus dem Grund unvorteilhaft, weil sich auf das Zink viel Silber niederschlägt und die Lösung durch gelöstes Zink immer mehr verunreinigt wird. Eine solide Versilberung läßt sich ebenfalls nicht erzielen, man kommt daher von dieser Methode immer mehr und mehr ab und zieht allgemein die solidere, billigere und gleichzeitig einfachere Versilberung mit Strom vor.

Eintauch- und Sudversilberung. Ganz kleine Massenartikel aus Messing und Kupfer, welche nur des besseren Aussehens wegen leicht, rasch und billig versilbert werden sollen, ohne daß dadurch der Preis wesentlich erhöht werde, versilbert man durch Eintauchen ohne Hilfe einer Stromquelle und ohne Zinkkontakt. Solche Artikel, z. B. messingene Schuhösen, Fingerhüte, Nadeln, Stifte, Ringe etc. werden auf diese Art in Millionen versilbert und zu staunend billigen Preisen auf den Markt gebracht.

Diese Eintauchversilberung beruht darauf, daß durch Wechselwirkung die vorher wohlgereinigte Kupfer- oder Messingoberfläche sich mit einer hauchdünnen Silberschicht überzieht; sobald das eingetauchte Metall mit Silber gedeckt ist, hört die Wechselwirkung auf und damit auch jede weitere Silberausscheidung. Dies vollzieht sich im Moment des Eintauchens, und man wird begreifen, daß die auf diese Weise erzielte Versilberung nur hauchdünn sein und selbst durch eine noch so lange Eintauchdauer nicht solider gemacht werden kann. Würde man in der Sucht, eine stärkere Versilberung zu erzielen, die Eintauchdauer verlängern oder wiederholen, so würde nicht allein nichts erreicht, sondern die schon fertig gewesene Versilberung mißfarbig unschön werden, bei der geringsten Reibung wieder abgehen.

Der Eintauchversilberer darf daher die nach einiger Erfahrung bekannte Eintauchdauer nicht überschreiten und muß sich mit der erzielten weißen, glänzenden, hauchdünnen Versilberung begnügen.

Die Lösung zu dieser Eintauchversilberung hat folgende Zusammensetzung:

Wasser	1 l
Feinsilber als Chlorsilber	5 g
Cyankalium 100 %	20 g

Die Bereitung des Bades ist analog jener bei der Starkversilberung (Chlorsilberbad) Seite 490, nur sind die hier vorgeschriebenen Gewichtsverhältnisse einzuhalten.

Man kann auch schon in der kalten Silberlösung durch Eintauchen versilbern, namentlich wenn man noch etwas mehr Cyankalium (etwa 30 g per 5 g Silber) zugibt. Aber die Versilberung vollzieht sich in der kalten Lösung etwas langsam und wird infolge der dadurch nötigen längeren Eintauchdauer leicht mißfarbig, weniger brillant und glanzlos; einen schönen Silberniederschlag durch Eintauchen erhält man immer nur dann, wenn das Silber rasch abgeschieden wird.

Man macht daher diese Eintauchversilberung gewöhnlich in der warmen Lösung, und deswegen nennen wir diese Art der Versilberung auch »Sudversilberung«. Je heißer die Lösung gehalten wird, desto rascher vollzieht sich die Versilberung; in kochend heißer Lösung geht dies sogar so schnell, daß man leicht die Eintauchdauer überschreitet und dadurch die Versilberung verdirbt. Man hält die Lösung nur mäßig warm, etwa 30 bis 40°, das ist die geeignetste Temperatur. »Schüttelnd eintauchen — und schüttelnd heraus« — die Zeit, welche man braucht, um diese fünf Worte mäßig schnell auszusprechen, ist ungefähr das Zeitmaß für diese Eintauchversilberung. Kleine Objekte versilbert man meist in Steingutkörben.

Daß die Ware nach dem Gelbbrennen recht gut und in viel reinem oder noch besser in fließendem Wasser abzuspülen und alle Säure sorfältig zu entfernen sei, daß ferner die gewaschenen Objekte am besten sofort, solange sie noch naß sind, versilbert werden sollen, keinesfalls aber längere Zeit trocken

an der Luft liegen bleiben dürfen, braucht wohl nicht mehr erwähnt zu werden.

Dieser Versilberungsprozeß bringt es mit sich, daß nebst Silber auch das in der Lösung befindliche Cyankalium verbraucht wird; mit der Abnahme dieses Produktes wird das Bad auch seine Eignung zum Versilbern nach und nach verlieren. Man wird also nach und nach etwas Cyankalium zugeben müssen, um das Silber so vollständig als möglich herauszuziehen.

Man kann diese Eintauchsilberbäder einigemale auch noch durch Zugeben von Chlorsilber und dem entsprechenden Quantum Cyankalium auffrischen; aber in einer frisch bereiteten Lösung fällt die Versilberung stets am brillantesten aus, und man wird daher am besten tun, sobald die Versilberung nicht mehr gut vonstatten gehen will, mit Cyankalium allein nachzuhelfen, und auf diese Weise so lange versilbern, als noch Silber darin enthalten ist. Dann stellt man die so ausgenützte Lösung beiseite, gießt sie allenfalls unter alte Rückstände. Bei richtiger Behandlung in der eben angedeuteten Weise wird nicht viel Silber darin bleiben.

Die fertig versilberten Objekte werden natürlich erst gewaschen, behufs schnellerer Trocknung einige Sekunden in kochend heißes Wasser gehalten und in erwärmten Sägespänen abgetrocknet.

Zur Versilberung von Eisen und Stahl wird nachstehendes Kontaktbad nach Darley mit Vorteil verwendet:

Wasser	1 l
Silbernitrat	1,25 g
Cyankalium	12,5 g
Phosphorsaures Natron	25 g

Besser aber erfolgt unstreitbar die Kontaktversilberung, wenn man die Objekte aus Eisen und Stahl erst verkupfert oder vermessingt und dann mit dem früher beschriebenen Bad, welches für Kupfer oder Messing extra zusammengesetzt ist, arbeitet.

Weißsieden*). Das unter dem Namen Weißsieden bekannte Verfahren, kleine Artikel, wie Haken, Ösen, Nadeln

*) Langbein, Handbuch der galvanischen Metallniederschläge.

im Silberweißsude hauchdünn mit Silber zu überziehen oder besser zu färben, unterscheidet sich von den vorgenannten Eintauchverfahren, die die Versilberung in wenigen Sekunden bewirken, dadurch, daß es ein längeres Sieden erfordert. Das Verfahren ist folgendes: Man bereitet einen Teig aus

Salpetersaurem Silberoxyd als Chlorsilber gefällt	25 g
Cremor Tartari (Weinsteinpulver)	1250 g
Kochsalz	1250 g

indem man die Silbersalzlösung mit Salzsäure fällt, das Chlorsilber auswäscht und mit den angegebenen Mengen Weinsteinpulver, Kochsalz und Wasser zu einem Brei mischt, den man in einem dunklen Glase zur Vermeidung der Zersetzung des Chlorsilbers durch das Licht aufbewahren muß. Sollen kleine Artikel aus Kupfer oder Messing, die vorher zu entfetten und durch Gelbbrennen zu dekapieren sind, weißgesotten werden, so erhitzt man in einem emaillierten Kesselchen von 3—5 l Inhalt Regenwasser zum Sieden, gibt 2—3 gehäufte Eßlöffel voll Teig hinzu, der sich ziemlich auflöst, und bringt nun das die Metallobjekte enthaltende Steinzeugsieb in den Weißsud, wobei man die Objekte mit einem Glas- oder Holzstabe fleißig umrührt. Ehe man eine neue Menge Waren in den Sud bringt, muß der Silberteigzusatz erneuert werden; nimmt das Weißsudbad schließlich eine grünliche, vom aufgelösten Kupfer herrührende Farbe an, so ist es unbrauchbar geworden, es wird abgedampft und zu den Silberrückständen gegeben.

Bei der Anreibe- (oder Pasten-) Versilberung wird ein silberhaltiger Teig von einer der folgenden Zusammensetzungen mittelst des Fingers, eines weichen Leders oder Läppchens auf die entfettete Metallfläche (Kupfer, Messing oder andere Kupferlegierungen) so lange angerieben, bis sie sich überall versilbert zeigt. Man kann auch den Teig in einem Mörser mit etwas Wasser zu einem dünnflüssigen gleichförmigen Brei verreiben, der sich mittelst Pinsels auf das Metall, welches versilbert werden soll, auftragen läßt, und erwärmt dann das Metall, worauf es sich nach dem Abwaschen versilbert zeigen wird. Dieses Verfahren, mit dem Pinsel den Brei aufzutragen,

verwendet man meistens nur, um auf hauchdünn durch den Goldsud vergoldeten Artikeln gewisse Stellen mit Silber zu dekorieren, bei nicht vergoldeten Metallen empfiehlt sich das vorher erwähnte Anreiben des steifen Teiges. Solche Mischungen zu Silberpasten sind folgende:

Silber als Chlorsilber, frisch gefällt*) 10 g
Kochsalz . . . . 10 g
Pottasche . . . . 20 g
Schlämmkreide . . . . 15 g
Wasser bis zur Konsistenz eines Teiges

oder

Silber als Chlorsilber, frisch gefällt*) 10 g
Cyankalium . . . . 30 g
Wasser bis zur erfolgten klaren Lösung,
Schlämmkreide bis zur Konsistenz eines Teiges.

Dieser Teig eignet sich auch vorzüglich zum Putzen des angelaufenen Silbers, nur lasse man dessen Giftigkeit nicht außer acht.

Folgende nichtgiftige Mischungen wurden als recht gut wirkend befunden:

Silber als Chlorsilber*) . . . . 10 g
Weinsteinpulver . . . . 20 g
Kochsalz . . . . 20 g
Wasser bis zur Teigkonsistenz.

Das Grainieren ist ebenfalls ein Versilbern durch Anreiben und wird in der Uhrküvettenfabrikation zur Herstellung der mattvergoldeten Küvetten der Taschenuhren vielfach angewendet. Die Messingküvetten werden gelbgebrannt, schwach verkupfert, verquickt und dann wird durch ein Silberpulver aus

Feinsilberpulver . . . . 10 g
Kochsalz . . . . 10 g
Weinstein . . . . 10 g,

in das man eine mit etwas Wasser befeuchtete, recht steife Pinselbürste mit kurzen Borsten taucht, unter Anwendung

---

*) Aus 16 g salpetersaurem Silberoxyd (Höllenstein oder Silbersalz).

von Kraft durch Aufschlagen der Bürste versilbert. Die Operation erfordert viel manuelle Geschicklichkeit und läßt sich nicht gut beschreiben; richtig ausgeführt erhält man dadurch eine Versilberung, die das schöne gekörnte Matt der darauffolgenden Vergoldung ermöglicht. Das Silberpulver stellt man dar durch Auflösen von 16 g salpetersaurem Silberoxyd in $2^1/_2$ l Wasser und Einbringen von blanken Kupferstreifen in die Flüssigkeit; unter Auflösen von Kupfer scheidet sich das Silber der Lösung als feines Pulver ab, welches abfiltriert, gewaschen und getrocknet wird, wobei jeder Druck, der ein Zusammenballen des Silberpulvers bewirken würde, zu vermeiden ist. Die zu grainierenden Uhrenteile werden mit Stiften auf einer Holz- oder Guttaperchaunterlage befestigt, um eine gleichmäßige Bearbeitung mit der Bürste zu ermöglichen. Nach Herstellung der körnigen Versilberung werden die Uhrenteile im geeigneten Goldbad halbmatt vergoldet.

Vergoldung durch Kontakt, Eintauchen und Anreiben.

Kontaktvergoldung. Diese Art der Vergoldung wird noch vielfach, namentlich von Gold- und Silberarbeitern und Gürtlern ausgeübt, welche kleine Gegenstände zu vergolden haben. Sie bedienen sich eines Streifens Zinkblech, den sie mit einem Messer blankschaben, den zu vergoldenden Gegenstand darauflegen oder damit lose umwickeln und so mit dem Zink in Berührung (im Kontakt) in das mäßig erwärmte Goldbad bringen; auf diese Weise vergoldet sich der Gegenstand. Das Zink in Berührung mit dem zu vergoldenden Gegenstand wirkt im Goldbad wie ein schwaches Element. Es hat diese Art der Vergoldung nur die Nachteile, daß 1. dort, wo das Zink das Objekt berührt, gewöhnlich ein unvergoldeter Fleck bleibt, weshalb diese Berührungsstellen gewechselt werden müssen, und 2., daß sich auch auf das Zink ziemlich viel Gold niederschlägt, welches wieder abgeschabt werden muß.

Zu dieser Art der Vergoldung mit Zinkkontakt ist folgende Lösung empfehlenswert:

Wasser	1 l
Phosphorsaures Natron	50 g
Neutral schwefligsaures Natron	15 g
Cyankalium 100 %	6 g
Chlorgold	1,5 g.

Auch alle anderen cyankalischen Goldbäder eignen sich für die Kontaktvergoldung, wenn deren Cyankaliumgehalt auf das fünf- bis zehnfache erhöht wird.

Eintauch- oder Sudvergoldung. Diese Art der Vergoldung wird fast ausschließlich nur für kleine Bijouterieartikel aus Kupfer, Tombak, Messing und ähnliche Kupferlegierungen angewendet, vollzieht sich in der Weise, daß sich durch Wechselwirkung auf das eingetauchte Metall eine hauchdünne Goldschichte niederschlägt, und zwar nur so lange, bis die ganze Oberfläche mit Gold gedeckt ist, dann hört natürlich die Wechselwirkung und auch jede weitere Goldausscheidung auf.

Als Bad dient folgende Lösung:

Wasser	1 l
Phosphorsaures Natron	6 g
Ätznatron	1 g
Neutral schwefligsaures Natron	3 g
Cyankalium	10 g
Chlorgold	0,6 g.

Das Bad muß kochend erhalten werden, das verdampfende Wasser fleißig ersetzt, damit die Lösung nicht verdickt.

Die auf Draht aufgebundenen oder in einem Steinzeugkorb in nicht zu großer Menge untergebrachten Gegenstände werden rasch in einem Tempo wie beim Gelbbrennen in die Lösung eingetaucht, einen Moment geschüttelt und sofort erst in kaltem, dann in reinem kochenden Wasser abgespült und getrocknet; eine längere Eintauchdauer hat gar keinen Zweck, die Vergoldung wird dadurch nur weniger brillant.

Da bei diesem Vergoldungsprozeß nebst Gold auch Cyankalium verbraucht wird, muß man bald mit dem einen, bald mit dem anderen, je nach Erfordernis, nachhelfen.

Greift die Vergoldung nicht mehr, so kann man versuchen, durch Zugabe von Cyankalium dies zu bewerkstelligen. Wenn das auch nichts nützt, dann ist das ein Zeichen, daß der Lösung das Gold schon entzogen ist, man kann wieder mit Chlorgold auffrischen und dieses Auffrischen einigemal wiederholen, abwechselnd mit Cyankalium nachhelfend; solange die Lösung funktioniert, ist sie brauchbar. Fällt endlich die Vergoldung unschön aus, so ist die Lösung unbrauchbar, wird zu den alten Rückständen gegossen, durch ein neu angesetztes Bad ersetzt.

Eine verläßliche Rotvergoldung durch Eintauchen ohne Strom gibt es nicht, das ist nur mit Strom möglich; aber man erreicht die vielfach gewünschte billige Rosavergoldung mittelst Sudvergoldung auf kleine Massenartikel, wie z. B. Handschuhknöpfe, Schuhösen u. ä., indem man die Artikel aus Tombakmetall anfertigt, nachher gelbbrennt und mittelst Sudvergoldung vergoldet. Der rötliche Ton des Tombakmetalles schlägt durch und läßt dieselbe rosa erscheinen.

Mit dieser Aufklärung sollen die seit Jahren dem Verfasser zukommenden zahlreichen Anfragen von Fabrikanten kleiner, billiger Massenartikel beantwortet sein, welche sich darüber den Kopf zerbrechen, wie die französische Konkurrenz solche billige Massenware mit einer brillanten Rosavergoldung in den Handel bringt. Die deutschen Fabrikanten pflegen diese Artikel nur aus Messing zu erzeugen, und darauf ist durch Eintauchvergoldung nur ein gelber Goldton zu erzielen.

Es sei ferner erwähnt, daß ganz billige Massenartikel, deren Preis auch die Kosten der Eintauchvergoldung nicht mehr verträgt, mit einem goldähnlichen Ton durch Eintauchen in folgende kochende Lösung versehen werden:

Wasser	1 l
Ätznatron	150 g
Kohlensaures Kupfer	50 g.

Anreibvergoldung. Diese dient ausschließlich nur zum Ausbessern ganz kleiner schadhafter Stellen auf vergoldeter Silberware, um das durchscheinende Silber mit Gold zu decken; für größere Flächen ist sie nicht zu gebrauchen.

Das Goldpulver zum Anreiben ist feinst verteiltes Gold, Goldzunder, welchen man erhält, wenn man feine Leinwandläppchen mit einer Lösung von Gold in Königswasser imprägniert, trocknet und dann vorsichtig verbrennt.

Die zu vergoldende Stelle wird erst mit Schlämmkreide und Spiritus gereinigt; mit der ganz wenig befeuchteten Fingerspitze trägt man etwas Goldpulver auf und reibt dasselbe mit sanftem Druck ein. Die so geriebene Stelle zeigt alsbald einen blassen Goldton; man wiederholt dieses Anreiben mehreremal, um eine möglichst solide Vergoldung zu erzielen, und überpoliert zum Schluß mit dem Polierstahl oder Stein, wodurch die Vergoldung erst Feuer und Brillanz erhält. Das Anreiben erfordert einige Übung; reibt man zu langsam oder mit allzu schwachem Druck, so erzielt man gar kein Resultat; reibt man zu rasch oder drückt zu stark auf, so reibt man das kaum eingeriebene Gold wieder weg. Ebenso wichtig ist die richtige Befeuchtung des Goldpulvers; zu feucht schmiert es ohne Resultat, zu trocken gibt es gar keinen Erfolg.

Eine rote Anreibvergoldung erzielt man, wenn man dem in Königswasser gelösten Gold etwas salpetersaures Kupfer zusetzt, bevor man die Leinwandläppchen imprägniert.

Verplatinierung durch Kontakt.

Diese Art von Platinniederschlägen wird bloß für Bijouterieartikel verwendet und wird allgemein nach der Vorschrift Fehlings gearbeitet. Diese lautet:

Wasser	1 l
Platinchlorid	10 g
Kochsalz	200 g

Durch Zusatz von etwas Ätznatron macht man die Lösung alkalisch. Die Temperatur soll möglichst hoch gehalten werden. Die Manipulation ist sonst die gleiche, wie beim Vergolden beschrieben.

Verzinnen durch Kontakt und durch Ansieden.

Die Kontaktverzinnung wird in den nachfolgenden von Roseleur empfohlenen Bädern ausgeführt, und zwar bei einer Temperatur der Bäder von 100° C.

Wasser	1 l
Pyrophosphorsaures Natron	20 g
Zinnchlorür, geschmolzen	8 g
Zinnchlorür, kristall.	2 g

oder:

Wasser	1 l
Cremortartari (Weinstein)	10 g
Zinnchlorür, kristall.	3 g.

Die Kontaktverzinnung wird in ähnlicher Weise wie die anderen Kontaktgalvanisierungen ausgeführt, nämlich die Gegenstände werden in Berührung mit Zink in das Bad gebracht. Diese Art der Verzinnung ist nur für kleine Massenartikel verwendbar, in der Tat wird sie meist nur für ganz kleine, rein gescheuerte Eisenobjekte angewendet, die mit dünnen Zinkspiralen gemischt, in einem nichtmetallenen, durchlöcherten Behälter in die Lösung eingetaucht und fleißig geschüttelt werden, um die Berührungsstellen mit dem Zink zu verändern. Recht zweckmäßig dient auch eine Zinktasse mit durchlöchertem Boden, welcher aber nach jedesmaliger Beschickung blank zu kratzen ist, um den Zinnniederschlag wieder zu entfernen und den erforderlichen Zinkkontakt aufrechtzuerhalten.

Der durch Kontaktverzinnung erhaltene Niederschlag fällt matt aus, die Gegenstände sind daher nach dem Trocknen noch durch Kollern oder sonst auf eine für solch billige Massenartikel geeignete Art zu brillantieren.

Die Kontaktverzinnung von Eisen- und Stahlwaren wird im westlichen Deutschland vielfach in rotierenden Fässern ausgeführt und dient doch meist als erste Schichte für eine darauf folgende elektrolytische Verzinkung. Tatsächlich vollzieht sich die elektrolytische Verzinkung, speziell auf Massenartikel, weit glatter, wenn eine solche, obschon nur hauchdünne

Verzinnung erst aufgetragen wurde. Das Verfahren wird in der Weise ausgeführt, daß die Massenartikel mit Zinkgranalien und einem bestimmten Quantum Kontaktverzinnungsbad, das mit Sägespänen zu einem Brei angerührt wurde, zusammen in das Innere der hölzernen Trommel gefüllt werden. Die Sägespäne besorgen das Blankscheuern und dienen gleichzeitig als Träger des Bades. Die Zinkgranalien scheuern sich untereinander blank, so daß man nicht nötig hat, sie jedesmal erst wieder blank zu machen.

Eintauch- oder Sudverzinnung. Roseleur empfiehlt für diese Art der Verzinnung eine Lösung von:

Wasser	1 l
Ammoniakalaun	15 g
Zinnchlorür, geschmolzen	2,5 g.

Die rein gebeizten und mit nassem Sand oder Bimssteinpulver rein gescheuerten Eisengegenstände in diese kochende Lösung eingetaucht, überziehen sich momentan mit einer hauchdünnen Zinnschichte, welche schön weiß, aber etwas matt aussieht.

Die Sudverzinnung findet meist nur Anwendung für ganz kleine Eisenartikel, welche in Massen in einem Steinzeugkorb verzinnt und nachträglich im Kollerfaß geglänzt werden.

Die Lösung wird von Zeit zu Zeit durch Zugabe von geschmolzenem neutralen Chlorzinn aufgefrischt, im Verhältnis als derselben Zinn entzogen wurde.

Die Eintauchverzinnung kann auch auf Zinkobjekte angewendet werden. Der durch Eintauchverzinnung erzielbare hauchdünne Zinnüberzug hat keinerlei Anspruch auf Solidität, sondern dient nur dazu, um dem Gegenstand ein schöneres weißes Aussehen zu verleihen.

Zinnsud (Weißsud) auf Messing und Kupfer. Viele kleine Massenartikel aus Messing oder Kupfer werden, um ihnen ein gefälligeres Aussehen zu verleihen, durch Eintauchen in folgendes Bad verzinnt.

Wasser	1 l
Weinstein, pulv.	10 g
Zinnchlorür	1 g.

Das Bad wird heiß verwendet. Die Gegenstände werden zusammen mit Zinnstückchen (auch Zinkgranalien) in einem Steinzeugsieb in die Lösung getaucht und überziehen sich sehr rasch mit einem glänzenden Zinnüberzug. Besonders der auf diese Weise erzielbare Glanz (sofern die Messing- und Kupfergegenstände vorher glanzgebrannt oder poliert bzw. gescheuert waren) veranlaßt den Galvanotechniker, Gegenstände aus anderen Metallen erst auf elektrolytischem Wege mit einem Messingniederschlag zu versehen und dann im Zinnsud auf Glanz zu verzinnen. Als Gefäße für den Zinnsud nimmt man am besten solche aus Porzellan. Eine Art **Anstrichverzinnung** rührt von Stolba her. Er arbeitet folgendermaßen. Zuerst stellt er sich eine Lösung zusammen aus:

Wasser	1 l
Zinnchlorür	50 g
Weinstein	10 g.

Er taucht einen Schwamm in diese Lösung und taucht den so mit Lösung befeuchteten Schwamm in ein Vorratsgefäß mit Zinkstaub. Mit diesem derart imprägnierten Schwamm (man kann auch Tuchlappen nehmen) reibt er die in bekannter Weise dekapierten Gegenstände ab und es überziehen sich auf diese Weise die Gegenstände augenblicklich mit Zinn. Natürlich muß das Benetzen des Schwammes mit Lösung möglichst oft wiederholt werden. Man kann mit dieser Methode große Objekte nach dem Kontaktverfahren verzinnen.

Kontaktverzinkung.

Ehe man noch elektrolytisch verzinkte, versuchte man schon Verfahren, um durch Ansieden Zinkniederschläge zu erhalten. J. Webster wurde z. B. schon im Jahre 1866 ein engl. Patent auf ein solches Verfahren erteilt. Er benützte siedende Zinkchloridlösungen. Keines der bekannt gewordenen Verfahren hat aber irgend eine technische Bedeutung erlangt, und heute werden Massenartikel nur noch elektrolytisch verzinkt.

Das Darlysche Bad arbeitet einigermaßen auf Messing, auf Eisen jedoch so gut wir gar nicht. Das nachstehend

beschriebene Bad arbeitet mit Aluminiumkontakt und wird wie folgt angesetzt:

Wasser	1 l
Zinksulfat	10 g
Cyankalium	3 g
Ätznatron	15 g.

Das Bad wird am besten heiß verwendet. Verfasser hat auf Eisen diese Vorschrift probiert und gefunden, daß durch Zusatz von Chlornatrium und etwas Cyanquecksilberkalium ein Zinkniederschlag erhältlich ist, sofern man die Lösung siedend heiß macht, wobei allerdings die Siebe aus Aluminium oder Magnalium sehr rasch zerstört werden.

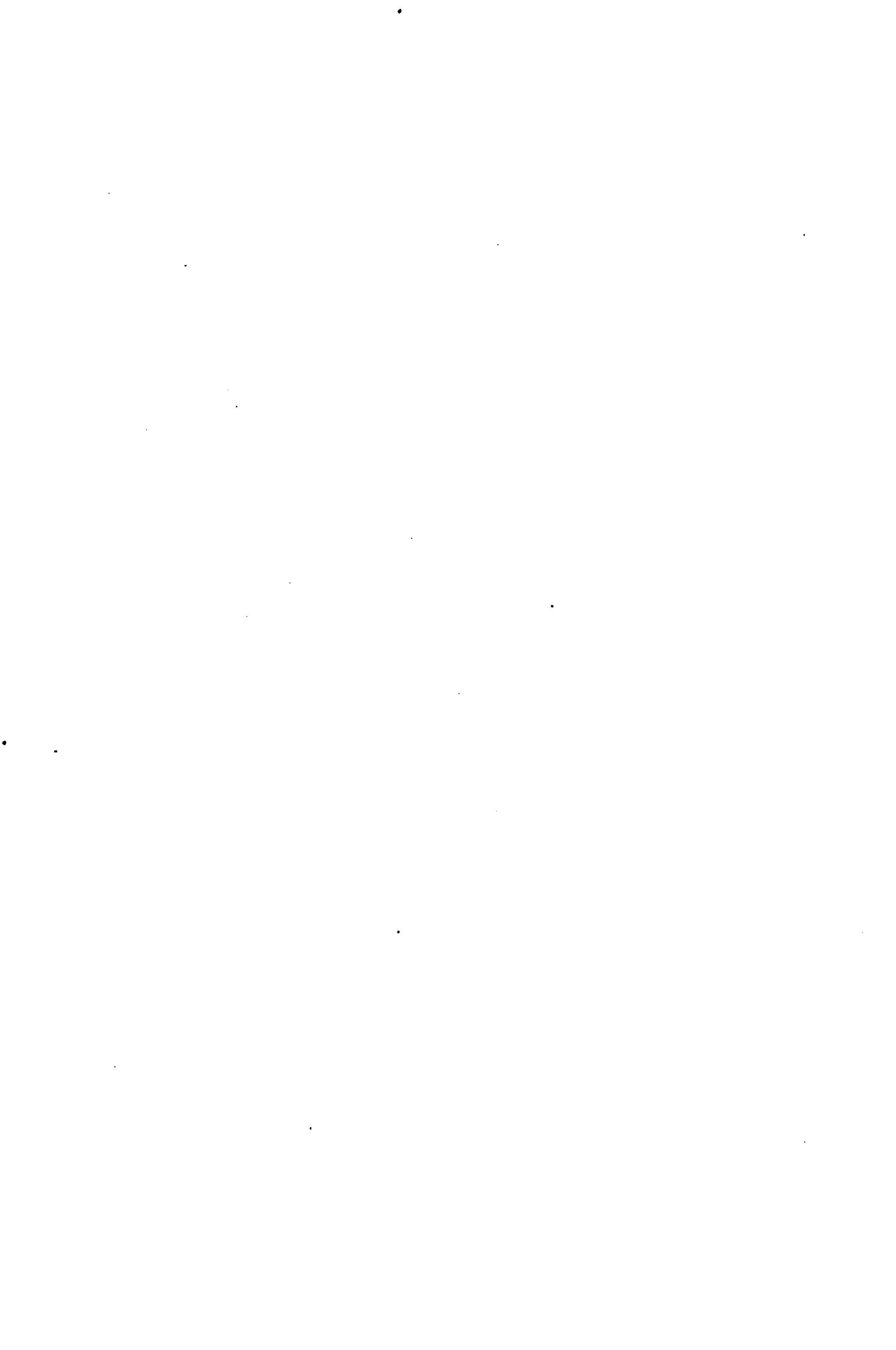
Messing läßt sich mit einem blanken Zinküberzug versehen, wenn man es in eine kochende Lösung von Zinkoxydnatron taucht, das man möglichst frei von überschüssigem Ätznatron hält, andernfalls würde sich etwa ausgeschiedenes Zink sofort wieder lösen.

Niederschläge anderer Metalle.

Es gibt noch mancherlei Methoden, durch Eintauchen Niederschläge der verschiedensten Metalle zu erhalten, doch haben diese Verfahren keinerlei technischen Wert. Die dünnen Überzüge von Antimon oder Arsen, die man aus Lösungen ihrer Chloride erhalten kann, haben höchstens Laboratoriumswert. Auch Blei läßt sich durch Eintauchen mit Zinkkontakt abscheiden, doch sind diese Überzüge so dünn, daß sie selbst ohne mechanische Einflüsse schon bei längerem Lagern förmlich verschwinden.

III.

Galvanoplastik.



Historischer Überblick.

Wenn man die Uranfänge der Galvanoplastik suchen will, so muß man die Gräberfunde der alten Ägypter studieren, denn man findet bekanntlich an Tongefäßen, Statuen, hölzernen Waffenspitzen, Feilen usw., die in den ägyptischen Gräbern entdeckt werden, häufig dünne Kupferschichten, welche darauf schließen lassen, daß bereits damals die Galvanoplastik in irgend einer primitiven Form ausgeführt wurde.

Die Wirkung des Daniell-Elementes scheint de la Rue Veranlassung geboten haben, weitere Untersuchungen über die im Element stattfindende Kupferfällung anzustellen, und wir finden neben vielen anderen Resultaten in einer Mitteilung des »Philosophical Magazine« aus dem Jahre 1836 eine interessante Stelle: »Die Kupferplatte wird auch mit einem Überzug von metallischem Kupfer bedeckt, und dieses fährt fort, sich abzuscheiden; es bildet sich eine Kupferplatte, welche der Unterlage so vollkommen entspricht, daß, wenn man sie abnimmt, der Abdruck jedes selbst noch so feinen Ritzes darauf zu bemerken ist.«

Diese Resultate, wie überhaupt die ganzen, für die Galvanoplastik gewiß interessanten Untersuchungen, wurden aber nicht weiter verfolgt und erst Jakoby war es im Jahre 1838 vorbehalten, der Galvanoplastik den Rang in der Kunst einzuräumen, der ihr als nunmehr bereits unentbehrliches Hilfsmittel, als Kunstbehelf ersten Ranges zukommt. Jakoby nannte diese seine Erfindung Galvanoplastik und bald beschäftigte sich ein großer Kreis von Forschern mit diesen Erscheinungen. Man kam bald auf den Gedanken, auch andere Metalle, wie Nickel, Eisen, selbst Gold und Silber zu solchen Reproduktionen zu verwenden, und bis heute wird noch mit unermüdlichem Eifer daran gearbeitet, ohne daß die Verfahren zu einem Schlußresultate gebracht worden wären, die Tätigkeit des in die Erscheinungen der verschiedenen Vorgänge sich vertiefenden Forschungsmenschen gehemmt worden wäre.

Der Gedanke, galvanoplastisch erzeugte Kupferplatten für Druckzwecke zu verwenden, die Galvanoplastik selbst zum

Vervielfältigen von gravierten Kupferplatten usw. auszunutzen, wurde in dem Momente lebendig, als der Engländer Jordan durch Zufall die Beobachtung machte, daß das im Daniellschen Elemente an einer gravierten Kupferplatte abgeschiedene Metall die genaue Kopie der gravierten Platte en relief ergab. Bald wurden von gestochenen, radierten usw. Druckplatten solche Negative — »Hochdruckplatten« genannt — dargestellt, von denen man in unbeschränkter Anzahl wieder Tiefdruckplatten erzeugen oder reproduzieren konnte. Im weiteren Verlaufe der Entwicklung dieser Technik kam man dazu, direkt die Druckplatten in Kupfer herzustellen, wie z. B. bei der Heliogravüre, der Galvanokaustik, dem Naturselbstdruck und wie die einzelnen Verfahren eben heißen mögen. Dabei wurde auch in der Reproduktion von Reliefs, Medaillen, in der Metallisierung von Pflanzen und Tieren, keramischen Objekten usw. weiter gearbeitet und nachdem sich die Elektrotechnik in den Dienst der Industrien gestellt hat, hat sie auch in der Galvanoplastik einen nicht unbedeutenden Abnehmer gefunden und heute gibt es eine Unzahl von Fabriken und einzelnen Gewerbetreibenden, welche sich ausschließlich der Galvanoplastik widmen und Großartiges darin leisten.

Am häufigsten angewendet ist die Galvanoplastik in Kupfer, doch werden jetzt für bestimmte Zwecke auch eine Reihe andere Metalle für galvanoplastische Zwecke, wie Gold, Silber, selbst Nickel und Eisen in größerm Maßstabe abgeschieden, erstere beide in der Goldschmiede-Industrie zur Vervielfältigung von Kunstgegenständen in Gold oder Silber, letztere allerdings nur in vereinzelten Fällen für Druckplatten u. ä., um diesen eine größere Dauerhaftigkeit zu verleihen oder zur Herstellung widerstandsfähiger Druck- oder Gießformen, Prägestempeln u. dgl.

Wir unterscheiden je nach dem Metall, welches zur Herstellung der galvanoplastischen Erzeugnisse dienen soll:

Kupferplastik,
Silberplastik,
Goldplastik,
Eisenplastik,
Nickelplastik usw.

Viel verwendet wird die plastische Überkupferung von Holz in der Fabrikation chirurgischer Instrumente, um die Holzgriffe an ihrer Oberfläche metallisch (antiseptisch) zu machen, um dieselben nicht schwerfällig und massiv aus Metall darstellen zu müssen.

Beachtenswert ist ferner die plastische Überkupferung von Metallen für gewisse Zwecke, wenn das Elektroplattieren mit Kupfer in dem cyankalischen Bad zu langsam geht, z. B. behufs Erzielung eines schönen Mattgrundes, für Mattversilberung, Mattvergoldung, Mattvernickelung usw. oder um Objekte mit Kufer plastisch zu umhüllen, damit sie wie aus Kupfer gemacht erscheinen (Objekte aus Eisen- oder Zinnguß usw.)

Wie wir uns bei der Elektroplattierung der galvanischen Elemente, Dynamomaschinen und Akkumulatoren als Stromquellen bedienen, geradeso ist dies bei der Galvanoplastik der Fall, für die auch die Grundsätze der Stromleitung und Regulierung maßgebend sind, die bei der Elektroplattierung beschrieben wurde.

Bezüglich der besonderen Anwendung der Galvanoplastik sei auch auf die beiden Monographien verwiesen: Dr. W. Pfanhauser, Die Herstellung von Metallgegenständen auf elektrolytischem Wege und Dr. W. Pfanhauser, Die Galvanoplastik, im Verlag von Wilhelm Knapp, Halle a. S.

Kupfergalvanoplastik.

Betrieb der Galvanoplastik mit dem Zellenapparat. Wir begegnen hier einer Vorrichtung zur Erzielung eines elektrolytischen Niederschlages, der nur in der Kupfergalvanoplastik Anwendung findet, das ist der Zellenapparat.

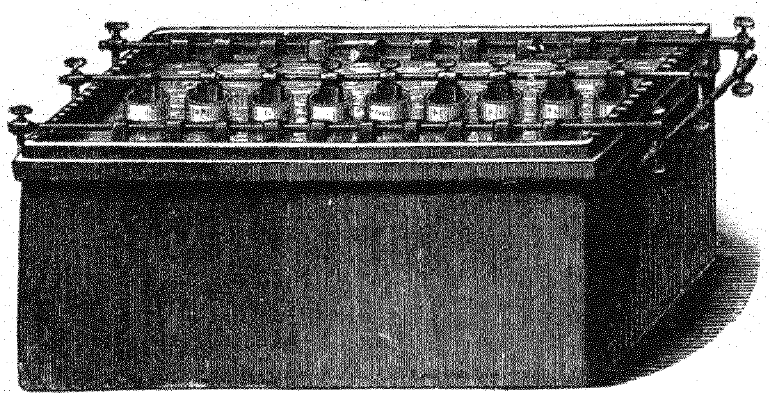
Das Arbeiten mit diesem Apparat wurde uns von seinem Erfinder Jakobi im Jahre 1839 gelehrt, und es gibt noch heute einzelne Galvanoplastiker, die mit diesem Apparat arbeiten. Es ist ja wahr, daß dieser Apparat für kleine Betriebe ganz ausreichend und am einfachsten ist, jedoch ist nicht zu leugnen, daß solche Einrichtungen im Vergleich mit zeitgemäßen Anlagen mit Dynamomaschinen, selbst auch im Vergleich mit

dem Betrieb mit galvanischen Elementen veraltet und primitiv genannt werden müssen, besonders gegenüber den modernen, schnell arbeitenden Verfahren mit äußerer seperater Stromquelle.

Wenn der Betrieb mit diesem Apparat dennoch angeführt wird, so geschieht dies nur der Vollständigkeit halber, da er noch vereinzelt in der Praxis zu finden ist, nicht aber, um ihn der Praxis zu empfehlen.

Der Zellenapparat ist eigentlich an und für sich nichts anderes als ein großes Daniell-Element, welches während des Betriebes kurzgeschlossen ist (siehe Daniell-Elemente).

Fig. 164.



Zellenapparat.

An Stelle der Kupferplatte des Daniell-Elementes haben wir, solange auf den Matrizen kein Kupfer ausgeschieden ist, den stromleitenden Graphit, also ungefähr die gleiche elektromotorische Kraft, wie wir sie bei dem Daniell-Element kennen gelernt haben, nämlich rund 1 V. Geradeso wie sich beim Daniell-Element durch dessen Betätigung an der Kupferelektrode aus der sie umgebenden Kupfersulfatlösung metallisches Kupfer ausscheidet, schlägt sich im Zellen-Apparat auf die leitend gemachte Matrizenfläche das Kupfer nieder, wodurch der galvanoplastische Niederschlag erzeugt wird.

Der Zellenapparat, wie er in Figur 164 abgebildet ist, wird folgendermaßen zusammengestellt: In die dazu bestimmte Wanne, entweder Steinzeug- oder mit Blei ausgekleidete Holz-

wanne, stellt man die porösen Zellen, welche die Zinke aufzunehmen haben, in einer oder mehreren Reihen auf, je nachdem man das Bad mit Waren zu beschicken gedenkt. Die Zinke, folglich auch die porösen Zellen, sollen so hoch sein, als die größte Matrize in die Lösung eintaucht. Kleinere solcher poröser Zellen, die nicht auf den Boden reichen, stellt man auf reine Backsteine oder einen Holzrost und senkt die vorher gut amalgamierten Zinke ein, die, mit geeigneten Klemmen versehen, an eine der Länge nach über die Wanne gelegte Kupferstange angeschlossen werden. Hierauf gießt man die betreffende Erregerlösung für die Zinke in die porösen Zellen, zumeist verdünnte Schwefelsäure (1 : 15 bis 1 : 30). Nun füllt man die Wanne mit der Kupfersulfatlösung von der Zusammensetzung:

Wasser	1 l
Kupfersulfat	200 g
Schwefelsäure	15 g

und zwar die Wanne so weit voll, daß die porösen Zellen etwa 5 cm aus dem Bad herausragen.

Man verbindet dann sämtliche Warenstangen, ebenso falls mehrere Reihen Zinke vorhanden sind, sämtliche Stangen, an die die Zinke angeschlossen sind, miteinander und durch entsprechend starke Kupferstangen auf beiden Seiten des Bades die Zink- mit der Warenleitung. So haben wir einen einfachen Zellenapparat zusammengestellt, wie Figur 164 veranschaulicht.

Runde Zellen, möglichst dünnwandig, mit entsprechender Porosität sind am besten geeignet; Verfasser selbst hat sich seit Jahren mit der Anfertigung viereckiger Zellen befaßt, welche vermöge der flachen Form dem Zweck besser entsprechen würden, da man große Zinkbleche mit breiten Metallstreifen verwenden könnte; man kommt aber immer mehr und mehr davon ab, weil sie stets dickwandiger gemacht werden müssen (damit sie nicht allzu zerbrechlich seien), wodurch aber der Widerstand im Bad vergrößert wird.

Manche Praktiker verwenden als Erregerlösung für die Zinke Lösungen von Salmiak oder Kochsalz; diese bieten

aber keinen Vorteil, Verfasser empfiehlt, nur verdünnte Schwefelsäure zu verwenden.

Sind die zu reproduzierenden Objekte rund und von größerer Dimension, so wird man die Zinke in den Zellen in einer Entfernung von 10 bis 15 cm rund um die Matrize anordnen, um allseitig einen gleich starken Kupferniederschlag zu erhalten.

Sobald die Matrizen eingehängt sind und die äußere Verbindung des Apparates hergestellt ist, beginnt die Stromwirkung. Wir wissen bereits aus der Abhandlung über das Daniell-Element, daß aus dem Kupfersulfat Kupfer ausgeschieden wird, daß die mit dem Kupfer im Kupfersulfat verbundene Schwefelsäure durch die Stromwirkung in äquivalenter Menge an den Zinken abgeschieden wird und Zink in Zinksulfat übergeht.

Aus der Art der Wirkungsweise des Daniell-Elementes ergibt sich, daß für je 1 kg abgeschiedenes Kupfer 1,03 kg. Zink in den Zellen in Zinksulfat übergeführt wird. Es ist klar, daß die Lösung im gleichen Maße an Kupfer verarmen muß, als solches an den Matrizen ausgeschieden wird. Um den Kupfergehalt des Bades auf dem normalen Betrag zu erhalten, hängt man kleine siebartig durchlöcherte Kästchen aus Steinzeug an der Oberfläche des Bades ein, wo die Konzentration infolge der Zersetzung der Lösung ohnedies geringer ist, füllt sie mit Kupfervitriolkristallen und läßt so die Lösung sich fortwährend nachsättigen. Man achte darauf, daß man so viele solcher Nachsättigungskästchen in dem Bad anbringt, daß in der gleichen Menge Kupfer zugeführt wird, als durch den elektrolytischen Prozeß ausgeschieden wurde. Ist einmal die Lösung sehr verdünnt und gleichzeitig durch Diffusion der Schwefelsäure aus den porösen Zellen das Bad stark sauer geworden, so bringe man entsprechend viel Kupferoxydul in das Bad, wodurch die freie Säure wieder gebunden und gleichzeitig die Lösung mit Kupfer nachgesättigt wird.

Obschon früher empfohlen wurde, diese Regeneration mit kohlensaurem Kupfer zu bewerkstelligen, so muß doch davon abgeraten werden, weil die entweichende Kohlensäure lange Zeit in der Lösung suspendiert bleibt, und die Kathoden durch

ansetzende Gasblasen leicht löcherig werden oder zum mindesten knospig auswachsen.

Der alte Praktiker hat diese Übersäuerung auf die Weise ausgeglichen, daß er Kalk in das Bad einrührte; die freie Säure bildet mit dem Kalk unlöslichen schwefelsauren Kalk (Gips), der sich zu Boden setzt. Abgesehen davon, daß diese Manipulation aufs Geradewohl vorgenommen wurde, ohne Rücksichtnahme auf die freie Schwefelsäure, hatte diese Methode den Nachteil, daß der Verarmung an Kupfer nicht Rechnung getragen wurde, außerdem auf der Badoberfläche eine sog. Kalkhaut entstand, welche auch nach Entfernung immer wieder zum Vorschein kam, die sich ferner auf die Matrizen beim Einhängen anlegte und so manche Übelstände und schlechte Resultate zur Folge hatte.

Außer der raschen Veränderung der Badzusammensetzung, die eine häufige Korrektur und ziemlich Arbeit erfordert, hat der Zellenapparat noch den Nachteil, daß ein Regulieren des Stromes schwer möglich ist, infolgedessen die Qualität des erzielten Kupferniederschlages nicht so in dem Maß im Belieben des Galvanoplastikers steht, als dies beim Betrieb der Plastikbäder mit getrennter Stromquelle der Fall ist.

Die Badspannung beträgt, da das Element in sich kurzgeschlossen ist, immer nahezu 1 Volt; kleine Abweichungen, nämlich Abzüge davon, sind nicht zu vermeiden, da man die Verbindungen der Waren mit den Zellenstangen nie widerstandslos ausführen kann, die zirkulierende Stromstärke erfährt in der äußeren Leitung (Leitungsmontierung) einen Spannungsabfall, der nach Messungen der Verfasser bis 0,2 Volt betragen und mit einem angeschlossenen Voltmesser konstatiert werden kann. Eine Stromregulierung, das ist Regulierung, Veränderung der Stromdichte, die eine Funktion der Badspannung und des Badwiderstandes ist (siehe Badspannung, Stromdichte und Polarisation), läßt sich dadurch erzielen, daß man die Matrizen von den Zinken weiter weghängt, wodurch man den Badwiderstand vergrößert, die Stromstärke und damit die Stromdichte verkleinert; auch das Einschalten eines Regulators in die äußere Verbindung ist zweckentsprechend, wird aber nur

in den seltensten Fällen angewendet, da eine weitere Verlangsamung des sich in diesen Apparaten an und für sich schon recht langsam vollziehenden Niederschlagsprozesses sehr selten erwünscht ist.

Betrieb der Galvanoplastik mit äußerer Stromquelle. Es ist selbstverständlich, daß man den elektrolytischen Kupferniederschlag im Galvanoplastikbad gerade so, wie wir dies in der Elektroplattierung kennen gelernt haben, durch äußere Stromquellen, wie galvanische Elemente, Dynamomaschinen und Akkumulatoren erhalten kann.

Es bietet dies mehrfache Vorteile, die aus dem Prinzip des Betriebes erklärlich sind. Da die Stromlieferung von einer äußeren Stromquelle erfolgt, so muß an Stelle der im Zellenapparat verwendeten Zinkelektroden eine Stromzuleitungselektrode verwendet werden, die man Anode nennt, und in unserem Falle aus Kupfer bestehen muß. Von dieser Anode wird durch die Elektrolyse ebensoviel Kupfer gelöst, als durch den Prozeß an den Matrizen ausgeschieden wird, mit anderen Worten, das Bad bleibt in seiner Zusammensetzung konstant, da sowohl der Gehalt an Kupfer regelmäßig ergänzt wird und auch ein Anwachsen des Säuregehalts, wie wir es beim Zellenapparat durch Diffusion aus den Zellen fanden, hier nicht vorkommen kann. Außerdem, daß die Manipulation mit den Zinken, die damit immer fortschreitende Verunreinigung der Bäder vermieden bleibt, haben wir bei Betrieb mit äußerer Stromquelle den großen Vorteil der bequemen Stromregulierung, wodurch wir, wie dies weiter unten besprochen wird, Abstufungen in der Qualität des abgeschiedenen Kupfers mit Sicherheit erlangen können. Man wird für jedes Bad einen passenden Stromregulator verwenden, wenn nicht durch besondere Schaltung der Bäder (siehe Betrieb der Galvanoplastik mit Dynamomaschine) jedes Regulieren wegfällt.

Das Kupferbad. Während wir in der Elektroplattierung in einem cyankalischen Kupferbad unsere Ware mit einem elektrolytischen Kupferniederschlag überziehen, verwenden wir in der Galvanoplastik eine Lösung, welche Kupfersulfat und mehr oder weniger viel freie Schwefelsäure enthält.

Während wir in der Elektroplattierung zur Verwendung eines komplexen Kupfersalzes (Cyankupferkalium) gezwungen waren, können wir in der Galvanoplastik den gewöhnlichen Kupfervitriol (Kupfersulfat) benutzen, da die als Matrizen eingehängten Objekte, die zumeist graphitierte Wachsabdrücke, mitunter versilberte und jodierte oder geschwefelte Kupferplatten oder andere Metallplatten sind, infolge ihrer geringeren Lösungstension als elektronegativere Substanzen nicht auf die Kupfersulfatlösung reagieren können.

Der Zusatz von Schwefelsäure hat außer der besseren elektrolytischen Leitung, die das Bad dadurch erfährt, den Hauptzweck, die Kupferabscheidung durch einen sekundären Prozeß herbeizuführen, wodurch das Kupfer homogener und zäher und zum Weiterwachsen auf graphitierten Flächen veranlaßt wird. Die Schwefelsäure ist in wässeriger Lösung sehr stark dissoziiert, das heißt in Ionen gespalten, was einem außerordentlich hohen Leitvermögen gleichkommt. Durch die leichte Ionisierbarkeit der Schwefelsäure ist es möglich, die Spaltung des Kupfersulfates in seine Ionen [(Cu) und (SO_4)] in der mit Schwefelsäure versetzten Lösung zurückzudrängen, das Kupfersulfat wird in einer solchen Lösung keinen oder nur sehr geringen Anteil an der Stromleitung im Bad übernehmen, die dann lediglich von der Schwefelsäure bewirkt wird. Die an der Kathode, das ist die eingehängte Ware, sich entladenden Kationen sind dann die Wasserstoffionen der Schwefelsäure, welche Kupfer aus dem Bad glatt abscheiden*), was einen sekundären Prozeß vorstellt. So ist es möglich, ein kohärentes festes Kupfer abzuscheiden, während man aus einer neutralen Kupfersulfatlösung dies nicht erreichen kann. Eine brauchbare alte Zusammensetzung für ein Kupferplastikbad ist das folgende:

Wasser	**1 l**
Kupfersulfat, kristall.	**200 g**
Schwefelsäure (arsenfrei) 66° Bé .	**30 g**

*) Ohne daß Wasserstoff durch das abgeschiedene Kupfer okkludiert würde, wie dies beim cyankalischen Kupferbad der Fall ist. Aus diesem Grunde sind auch die aus schwefelsaurer Lösung erzielbaren Niederschläge duktiler und weicher.

Stromdichte	Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung	Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung
0,05 Amper	0,70 Volt	0,23 Volt
0,75 „	1,05 „	0,34 „
1,00 „	1,40 „	0,46 „
1,25 „	1,75 „	0,57 „
1,50 „	2,10 „	9,69 „
1,75 „	2,45 „	0,80 „
2,00 „	2,80 „	0,92 „
2,25 „	3,15 „	1,03 „
2,50 „	3,50 „	1,15 „
2,75 „	3,85 „	1,26 „
3,00 „	4,20 „	1,38 „

Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: 17° Bé
Spez. Badwiderstand: 0,93 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0112
Stromausbeute: 100 %.

Bei der Badbereitung achte man auf die Qualität des verwendeten Kupfervitriols, welche im Handel sehr verschieden ist, meist mit Zink, Arsen, namentlich aber mit Eisen mehr oder weniger verunreinigt ist. So existiert z. B. ein Kupfervitriol für Agrikulturzwecke mit ganz bedeutenden Beimengungen von Eisenvitriol zu sehr billigen Preisen; dem Aussehen nach ist dies allerdings für den Laien kaum erkenntlich, der Chemiker wird dies aber leicht konstatieren können. Zink und Arsen kann man in dem durch Einleiten von Schwefelwasserstoff erhaltenen Niederschlag nachweisen; den Eisengehalt kann sogar der Laie auf die Weise feststellen, daß er etwa 25 g Kupfervitriol mit 50 g Wasser löst, 100 g Salmiakgeist zusetzt, die dadurch tiefblau gewordene Lösung filtriert: bleibt im Filter ein rostbrauner Niederschlag zurück, so ist der Kupfervitriol eisenhaltig. Eine Spur von Eisen ist auch bei dem technisch ganz reinen Kupfervitriol unvermeidlich; es darf jedoch nur eine Spur sein, man wird bei der soeben erklärten Probe einen kaum bemerkenswerten Rückstand wahrnehmen, der bringt keinen Nachteil.

Wenn aber die Verunreinigung so bedeutend ist, daß sie mehrere Prozente beträgt, dann ist es für die Praxis doch bedenklich; solche Qualitäten sollte man nicht verwenden. Ähnlich verhält es sich mit der Schwefelsäure: auch diese ist meist mit Blei, Antimon, Arsen verunreinigt, es ist sogar eine große Seltenheit, eine von diesen Verunreinigungen freie Schwefelsäure zu finden; da der Kostenpunkt dieses Produktes ein minimaler ist, wird man am besten tun, chemisch reine Schwefelsäure zu verwenden.

Die Bereitung des Kupferplastikbades geschieht in der Weise, daß man das Badgefäß erst mit Wasser vollfüllt, dann die bestimmte Menge Schwefelsäure zusetzt, dies jedoch sehr langsam und vorsichtig, weil sich hierbei das Wasser ganz bedeutend erwärmt und das Badgefäß, wenn es aus Steinzeug besteht, leicht springen könnte. Man macht dies so, daß man die Schwefelsäure in einem ganz dünnen Strahl hineingießt, gleichzeitig von einer zweiten Person das Wasser tüchtig umrühren läßt; erwärmt sich die Mischung allzusehr, so setzt man aus, läßt erst abkühlen, bevor man das restliche Quantum der Schwefelsäure zugießt.

Weil sich der Kupfervitriol überhaupt schwer löst, um so schwieriger, wenn man ihn einfach in das Badgefäß werfen und das Wasser darübergießen würde, so tut man am besten, denselben in Steinzeugsiebe zu geben und diese an einer Stange, welche man über den oberen Rand der Wanne legt, an der Oberfläche des Wassers einzuhängen; rührt man fleißig um, so wird sich die Lösung alsbald vollziehen.

Die Konzentration der Bäder, wie sie in der Praxis vorkommen, beträgt gewöhnlich 20 bis 25° Bé.

Für Kupfergalvanoplastik wird im allgemeinen dieses Bad genügen, weil damit durch geeignete Stromregulierung fast alles das erzielt werden kann, was manche Autoren durch besondere Badzusammensetzungen zu erreichen suchen. Man wünscht ja manchmal einen harten, feinkörnigen, manchmal einen kristallinischen schnell wachsenden Niederschlag usf. und erreicht dies fast stets in der Weise, daß man die entsprechende Stromdichte herbeiführt, bei welcher das ausfallende Kupfer die gewünschten Eigenschaften besitzt. Allgemein gilt, daß

das Korn des Kupferniederschlages um so feiner ist, je größer die angewandte Stromdichte bei sonst gleichen Verhältnissen war; daß bei größerer Stromdichte die Kupferausscheidung rascher erfolgt, ist einleuchtend; da aber die Stromdichte von der Badspannung und dem spezifischen Badwiderstand abhängt, der Badwiderstand aber nicht geändert werden soll, so reguliert man die Stromdichte, indem man die Badspannung variiert. Daß ein größerer Schwefelsäuregehalt des Bades unter sonst gleichen Umständen ein härteres, spröderes Kupfer erzeugt, ist bekannt, aus diesem Grund ist es auch erklärlich, daß manche Galvanoplastiker Bäder verschieden stark ansäuren, was aber dem Praktiker überlassen werden soll.

Der erhaltene Niederschlag hängt außerdem von Verunreinigungen des Bades ab. Geringe Mengen von Eisen, Zink etc. sind nicht nachteilig; ein kleiner Gehalt an Chlornatrium ist mitunter sogar sehr erwünscht, um die Bildung von Randknospen zu verringern. Selbst größere Mengen schwefelsaurer Salze (Eisen- und Zinkvitriol), ferner Glaubersalz usf. sind noch ganz ohne Einfluß, wie dies am besten im Zellenapparat zu sehen ist, in welchem das Bad durch diffundierendes Zinksulfat oft ganz bedeutend mit diesem Salz verunreinigt ist; störend hingegen können größere Mengen von Metall- oder Alkalichloriden wirken, weil sich bei deren Gegenwart Kupferchlorür bilden kann, das durch Polarisationserscheinungen andere bisher noch nicht bestimmte Stromverhältnisse erfordert. Verunreinigungen durch organische Substanzen wie Benzin, Terpentingeist, Gelatine, Lacke, Firnisse, Kitte, Fette oder Harze sind peinlichst zu verhüten, weil diese die Matrizen verunreinigen und die Qualität des Kupferniederschlages beeinträchtigen: das Vorhandensein solcher Verunreinigungen in größerem Maßstab ist die Urache der sogenannten filzigen Niederschläge.

Die Kupfergalvanoplastik wird vorwiegend in kalten oder mäßig angewärmten Bädern betrieben, für besondere Zwecke jedoch, wo es z. B. darauf ankommt, rasch ein bestimmtes Quantum Kupfer abzuscheiden, greift man zu warmen Bädern, doch müssen die Kathoden solche erhöhte Temperatur vertragen und es scheiden dann naturgemäß gewachste Formen oder solche, die ganz aus niedrig schmelzendem Wachs bestehen, aus.

Schnellgalvanoplastik. Wiewohl aus den v. Hüblschen Publikationen her bekannt war, daß bei Anwendung eines kleineren Säuregehaltes und bei Vergrößerung der Metallkonzentration im Bade höhere Stromdichten zulässig sind, wurde das Schnellniederschlagsprinzip eigentümlicherweise erst spät in die Praxis eingeführt. Bahnbrechend waren in dieser Beziehung die Arbeiten von Carl Polenz, Leiter der galvanoplastischen Abteilung der Firma J. J.Weber in Leipzig. Ihm gelang es zuerst, mit Stromdichten von 5 Amper pro 1 qdm und darüber kohärentes Kupfer technisch abzuscheiden. Das Polenzsche Bad hat 25° Bé und arbeitet bei Temperaturen von 26—28° C unter Bewegung der Lösung durch ein Rührwerk.

Kurz darauf fand Verfasser, vollkommen unabhängig davon, die unter dem Namen Schnellgalvanoplastik-Bad bekannt gewordene Badvorschrift:

Waser . . . . 1 l
Kupfervitriol, kristall. . . . . 250 g
Schwefelsäure . . . . 7,5 g

Stromdichte	Badspannung bei 5 cm Elektrodenentfernung	Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung
3,0 Amper	2,4 Volt	2,4 Volt
3,5 „	2,8 „	2,8 „
4,0 „	3,2 „	3,2 „
4,5 „	3,6 „	3,6 „
5,0 „	4,0 „	4,0 „
5,5 Amper	4,4 Volt	4,4 Volt
6,0 „	4,8 „	4,8 „
6,5 „	5,2 „	5,2 „
7,0 „	5,6 „	5,6 „
7,5 „	6,0 „	6,0 „
8,0 Amper	6,4 Volt	6,4 Volt
8,5 „	6,8 „	6,8 „
9,0 „	7,2 „	7,2 „
9,5 „	7,6 „	7,6 „
10,0 „	8,0 „	8,0 „

Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: 19,5° Bé
Spez. Badwiderstand: 1,6 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0096
Stromausbeute: 100 %.

Die Elektrodenentfernung wird meist geringer genommen, und zwar bei Buchdruckklischees und flachen Matritzen 6 bis 8 cm, selbstredend verringert sich dann die Badspannung dementsprechend, was bei den üblichen großen Stromdichten von ganz bedeutendem Einfluß ist.

Die Erwärmung des Elektrolyten infolge entstehender Joulewärme ist in Betracht zu ziehen und macht sich eine entsprechende Kühlvorrichtung notwendig, welche durch ein in die Wannen eingelegtes System bleierner Kühlschlangen ausgeführt wird, die, mit einem Regulierhahn versehen, von kaltem Wasser durchflossen werden; praktischer ist es aber, die Wanne entsprechend groß zu dimensionieren, um die Erwärmung der Lösung zu beschränken, wodurch die Kühlanlage überflüssig wird.

Die Wärme, die durch Stromleitung in einem Elektrolyten auftritt, ist ein Gegenwert für die darin aufgebrachte elektrische Energie. Es ist diese Wärme-Energie proportional dem totalen Widerstand W des Bades, proportional dem Quadrat der angewandten Badstromstärke J und der Zeitdauer der Elektrolyse. In Kalorien ausgedrückt, ist die Joulewärmemenge

$$C = 0{,}236 \times J^2 \times W \times t \text{ Kalorien}$$

t in Minuten, J in Amper, W in Ohm ausgedrückt.

Da 1 Kalorie diejenige Wärmemenge ist, welche 1 g Wasser um 1° C erwärmt, so ergibt sich die Erwärmung eines Badquantums von B Litern durch Division der Anzahl Kalorien durch die Literzahl des Bades:

$$\text{Erwärmung über die normale Temperatur} = \frac{\text{Kalorienzahl}}{\text{Literzahl} \times 1000}$$

Beispiel: Ein Bad von 1000 Liter, in welchem eine Fläche von 60 qdm bei einer Stromdichte von 10 A und 10 cm = 1 dm Elektrodenentfernung überkupfert wird, wird sich um wie viel Grade über die Temperatur von 18° C erwärmen, wenn die Elektrolyse 2 Stunden dauerte?

Man ermittelt zunächst den totalen Badwiderstand; dieser ist nach Seite 162

$$W_B = \frac{W_S \times l}{q} = \frac{1,6 \times 1}{60} = 0,0266\ \Omega$$

Der totale Badstrom bei der Stromdichte von 10 A:

$$J = 10 \times 60 = 600\ A$$

Die entstandene Joulewärme beträgt daher

$$C = 0,236 \times 360000 \times 0,0266 \times 7200 \text{ Kalorien} = 16272417 \text{ Cal.}$$

Die Erwärmung des Bades beträgt daher

$$\frac{16272417}{1000 \times 1000} = 16,27^\circ C$$

das heißt die Badtemperatur würde unter sonst gleichen Umständen, wenn keine Wärmeabgabe an die Wände und von der Oberfläche an die Luft stattfinden würde, auf 34,27° C steigen.

Diese Erwärmung hat zur Folge, daß die erwärmten Schichten in die Höhe steigen; die wärmeren Elektrolyten leiten aber besser als die kalten, und es würde daher, wenn die einzelnen Schichten nicht durch eine Mischvorrichtung ausgetauscht würden, der Niederschlag in den oberen Partien stärker werden, weil ein größerer Stromanteil hierauf entfiele, und er könnte sogar zu bei hohen Stromdichten »verbrennen«.

Eine ausgiebige, automatisch ununterbrochen wirkende Mischvorrichtung ist daher hierbei besonders wichtig.

Das Schnellniederschlagsprinzip eignet sich besonders für flachere Formen, wie sie im Buch- und Illustrationsdruck vorkommen, auch für flache Formen in der Plastographie und Vervielfältigungskunst.

Für normale Klischees von 0,1 bis 0,15 mm Stärke genügt eine Elektrolysendauer von 1½ bis 2 Stunden, sie kann sogar unter Umständen noch abgekürzt werden.

Die hierzu nötige maschinelle Anlage wird zwar bedeutend größer, der Kraftverbrauch für die Dynamomaschine zur Bewältigung der gleichen Tagesleistung bleibt sich aber annähernd gleich, wie bei Anwendung kleiner Stromdichten, da das Produkt

$$\text{Badspannung} \times \text{Badstrom} \times \text{Zeitdauer}$$

fast dasselbe bleibt.

Im Interesse des besseren Zugehens von Schriftenformen und tieferer Formen ist ein Zusatz von Alkohol (10 g per Liter Bad) empfehlenswert.

Die Kupferanoden in Galvanoplastikbädern. Um die Zusammensetzung des Bades möglichst konstant zu erhalten, muß man Anoden aus reinstem Kupfer verwenden und so große Flächen in das Bad bringen, daß der Stromlinienfluß von den Anodenflächen zu den Matrizen ein überall gleichmäßiger sei und allseitig gleich starke Niederschläge erzeugt werden.

Die Art und Weise, wie dies der Praktiker durch passende Verteilung der Anoden und Kathodenflächen erreicht, muß ihm überlassen bleiben, Verfasser will nur erwähnen, daß die Anoden auch bei höherer Stromdichte als die üblichen Kathodenstromdichten noch die theoretische Menge Kupfer abgeben, daß also eine Verarmung an Kupfer in der Lösung nicht so leicht eintreten kann, besonders wenn man die Lösung etwas anwärmt und bewegt. Im Interesse eines ununterbrochenen Betriebes ist es empfehlenswert, möglichst starke Anoden (5 bis 10 mm) zu verwenden und nur reines Kupfer dazu zu benützen. Das gewöhnlich im Handel vorkommende Kupfer enthält als Verunreinigungen mehr oder weniger Blei, Zink, Arsen etc. und diese Verunreinigungen zeigen sich beim Gebrauch der Anoden dadurch, daß sich deren Oberfläche mit einem schwarzen Überzug bedeckt, daß durch Herabfallen dieses Überzuges die Lösung verunreinigt wird, Teile davon in den Niederschlag eingeschlossen werden, besonders dann, wenn Vorrichtungen betätigt sind, die eine Bewegung des Elektrolyten bezwecken, wodurch dann leicht die Homogenität des Niederschlages alteriert wird. Ist man gezwungen, mit solchen nicht ganz reinen Anoden zu arbeiten, so bleibt nichts anderes übrig, als sie fleißig aus dem Bad zu nehmen und mit einer Kratzbürste rein und blank zu bürsten. Am besten eignen sich Elektrolytkupferanoden, auch aus Abfällen von Elektrolytkupfer hergestellte Gußanoden und gut ausgeglühte reine Kupferbleche aus Elektrolytkupfer. Solche Anoden bleiben kupferrot, zeigen höchstens einen braungelben Anflug von Kupferoxydul, der aber nicht zu Boden fällt und

sich durch den Strom wieder auflöst. Die Entfernung der Anoden von den Kathoden beträgt gewöhnlich 5 bis 15 cm, für voluminösere und größere Kathoden geht man bis zu 30 cm, um einen überall gleichmäßigen Niederschlag von derselben Struktur und Stärke zu erhalten. Werden große hohle Gegenstände innen überkupfert oder auf großen hohlen Matrizen Kupfer niedergeschlagen (Teile von großen Statuen etc.), so hängt man recht zweckmäßig kugelförmige Kupferanoden in die Höhlung und sorge für einen steten Austausch des Elektrolyten (Luft einblasen).

Recht praktisch lassen sich die in Galvanoplastikanstalten vorkommenden Kupferabfälle (wie schlechte unbrauchbare Galvanos, Anodenreste u. ä.) in der Weise als Anoden verwenden, daß man sie in ein aus Hartgummi angefertigtes Kästchen legt, welches mit möglichst vielen und großen Löchern versehen ist, als Stromzuleitung ein Bleiblech, das an die Anodenstange gehängt, den Kontakt mit den im Kästchen befindlichen Kupferstücken vermittelt. Auch ein durch Holz oder Bleirahmen versteiftes Netz dient sehr gut als Behälter für solche Kupferreste zum Einhängen als Anode.

Steigerung der Niederschlagsschnelligkeit. Durch Erhöhung der Temperatur kann man nun eine ganz bedeutende Steigerung des zulässigen Stromdichtenmaximums erzielen, da an und für sich in heißer Lösung (über 40° C) sich die Kupferfällung auch bei erhöhter Stromdichte noch anstandslos vollzieht und weil in solch erwärmter Lösung ganz bedeutend mehr Kupfervitriol löslich bleibt als bei kalter Lösung. Jede Steigerung des Kupfergehaltes der Lösung schiebt aber wieder das zulässige Stromdichtenmaximum nach aufwärts, und so darf es nicht wundernehmen, daß man in solchen Badzusammensetzungen selbst Stromdichten von 15 Amper pro Quadratdezimeter anwendet.

Je höher man mit der Stromdichte in den Kupfergalvanoplastik-Bädern geht, desto mehr neigen die Niederschläge zur Bildung von Randknospen. Es kann dies so weit gehen, daß sich ganz feinästelige Gebilde an den Rändern bilden, die sich bei der geringsten Bewegung der Lösung oder der Kathoden ablösen und auf den Boden der Bottiche fallen. Wird z. B.

durch Einblasen von Preßluft solch fein verteiltes Kupfer an die Kathode geschleudert, so nehmen diese Partikelchen bei der gesteigerten Stromdichte als besonders exponierte Kathodenteile einen großen Teil des Stromes weg und schädigen so, indem sie sich durch das sich ausscheidende Kupfer rasch vergrößern, das Dickenwachstum der normal auf die Kathodenflächen sich abscheidenden Kupferhaut. Verfasser hat Fälle beobachten können, wo auf solche Weise mehr als 40% der Stromarbeit an der Kathode durch abfallendes Kupfer verloren gingen.

Rapid-Kupferplastikbad. Im elektrochemischen Laboratorium der Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G. wurde kürzlich eine Badzusammensetzung gefunden, welche gestattet, Stromdichten von 30 bis 40 Amper pro 1 qdm Kathodenfläche anzuwenden. Es wurde hierzu ein ganz besonders leicht lösliches hygroskopisches Kupfersalz verwendet, das gestattet, Lösungen herzustellen, die ca. 45% metallisches Kupfer enthielten. Solche Lösungen ähneln in ihrer Zusammensetzung gewissermaßen dem metallischen Zustand, und es ist erklärlich, daß bei solch hohem Metallgehalt auch ganz ungeahnte Erscheinungen bei der Elektrolyse zutage gefördert werden. Es hat sich gezeigt, daß ein biegsames Kupfer aus solchen Lösungen nur bei Überschreitung einer bestimmten Minimal-Kathodenstromdichte erhalten werden, während z. B. bei zu kleinen Stromdichten die Niederschläge brüchig wurden. Solche Lösungen sind begreiflicherweise kostspielig, und man wird dieselben nur in ganz speziellen Fällen verwenden, wo man eine außergewöhnlich große Niederschlagsgeschwindigkeit beansprucht. Das Bad selbst und seine Zusammensetzung wird von der genannten Gesellschaft geheimgehalten. Als **Wannen für das Kupferplastikbad** sind Steinzeugwannen sehr vorteilhaft, weil sie das Bad sehr rein erhalten. In den seltensten Fällen kommen besonders große Bäder zur Verwendung, sondern man zieht es zumeist vor, lieber eine größere Anzahl, aber kleinere Bäder aufzustellen. Ist man gezwungen, größere Bäder zu verwenden, so benützt man Holzwannen mit Bleiauskleidung. Wannen für ganz große Bäder, wie sie zur Herstellung von Monumentalfiguren verwendet werden, stellt man sich in der Weise her, daß man

eine entsprechend große Grube ausmauert, diese mit Holz auskleidet, und diese so eingesenkte Holzwanne innen mit 3 bis 5 mm starkem Bleiblech auslegt.

Für die Einrichtung einer galvanoplastischen Anstalt mit Zirkulation des Elektrolyten sind die mit Blei ausgekleideten Holzwannen unentbehrlich. Man durchbohrt die Holzwannen und die Bleiauskleidung nahe dem Boden (etwa 5 cm vom Boden), steckt das bleierne Abflußrohr in diese Öffnung und lötet es mittelst Knallgasgebläse und Bleilot an die Bleiauskleidung fest.

Wo man die aus der Salpetersäure der Bunsenelemente entweichenden sauren Dämpfe unschädlich machen kann (siehe Einrichtung mit galvanischen Elementen, Seite 235), ist die Verwendung der Bunsenelemente für die Kupfergalvanoplastik zu empfehlen, weil bei normaler Stromentnahme aus dem Bunsenelement oder die durch Parallelschalten mehrerer Bunsenelemente erzielte Klemmenspannung des Elementes, beziehungsweise der Batterie gerade die zum Betrieb der gewöhnlichen Kupfergalvanoplastik geeignete ist.

Die Größe des Elementes oder die Anzahl der parallelgeschalteten Elemente richtet sich nach der Größe der eingehängten, leitend gemachten Matrizenfläche.

Das Hintereinanderschalten von Bunsenelementen oder Elementgruppen ist unrationell und unzweckmäßig, weil sich die Elemente rascher erschöpfen.

Verwendet man gut dimensionierte Bunsenelemente von möglichst geringem inneren Widerstand, so genügt ein Element mit einer Zinkzylinderhöhe von ungefähr 25 cm für eine eingehängte Matrizenfläche von 6 qdm, ein Element mit rund 30 cm Zinkhöhe für 8 qdm, mit 40 cm Zinkhöhe für 14 qdm Matrizenfläche. Durch Parallelschaltung von zwei, drei oder mehreren Elementen erhält man Batterien, die für die zwei-, dreifache usf. Matrizenfläche wie die für die einzelnen Elemente genannte dienen.

Man achte auf gute Kontakte der nicht zu sparsam dimensionierten Leitung und trachte, die galvanischen Elemente möglichst nahe an die Bäder zu bringen, um tunlichst große

Stromverluste in der Leitung zu vermeiden. Für Schnellgalvanoplastik wird man rationell nur mit Dynamomaschinen arbeiten.

Betrieb der Galvanoplastik mit Dynamomaschinen. In größeren galvanoplastischen Anstalten, wo mehrere Bäder zu gleicher Zeit zu arbeiten haben, wie in Druckereien, Anstalten zur Herstellung von Klischees, Reproduktionen etc. etc., wird der Betrieb mit galvanischen Elementen nicht nur zu kleinlich und umständlich, sondern auch viel zu teuer zu stehen kommen. Man verwendet, selbst in kleineren Betrieben, allgemein Dynamomaschinen mit geeigneter Klemmenspannung, nicht bloß des rationelleren und bedeutend leistungsfähigeren Betriebes wegen, sondern auch wegen der erforderlichen Reinlichkeit solcher Einrichtungen.

Vor allem aber ist es der rationelle Betrieb, der dadurch gesichert ist, welcher seit mehreren Jahren den Dynamomaschinen das Gebiet der Galvanoplastik eröffnet hat.

Während man für die Elektroplattierung fast allgemein die Dynamomaschinen mit 4 Volt Klemmenspannung baut, werden in der Kupfergalvanoplastik häufig Maschinen mit 2 bis 3 Volt verwendet, und zwar 3-Volt-Maschinen meist nur dann, wenn die Einrichtung mit einer Akkumulatorenzelle entsprechender Größe kombiniert ist. Wir haben im theoretischen Teil den Zweck und die Arbeitsweise der Akkumulatoren eingehend erklärt gefunden, und es sei auf die betreffenden Kapitel verwiesen, hier nur noch bemerkend, daß man Akkumulatoren für gewöhnlich nur verwendet, um entweder den ganzen oder einen Teil des Tagesbetriebes auch nachts aufrechtzuerhalten, wenn die Installation der Anlage mittelst Aggregat mangels einer elektrischen Licht- und Kraftzentrale nicht durchführbar ist. Für Schnellgalvanoplastik wählt man Maschinen bis zu 12 Volt Klemmenspannung (auch noch höher).

Durch den Betrieb einer Galvanoplastikanstalt mit Dynamomaschine haben wir in bezug auf Stromregulierung zur Erzielung geeigneter Qualitäten des Kupferniederschlages die vollkommenste Einrichtung gewonnen, die überhaupt für diese Zwecke möglich ist. Wir können die Stromregulierung durch Badstromregulatoren oder Nebenschlußregulator oder durch

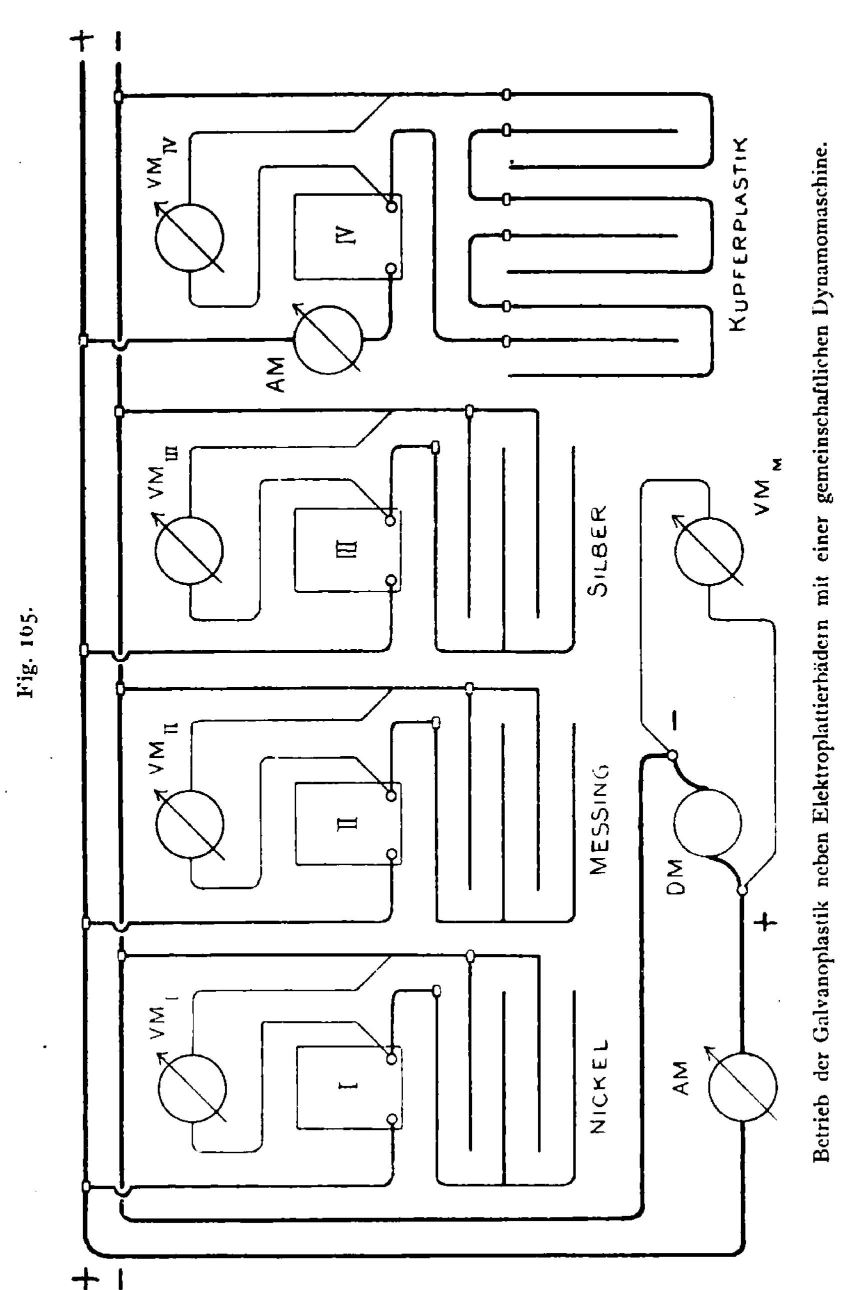
die Schaltung der Bäder ausführen, wodurch man sich oft eine sehr bequeme Arbeitsweise und große Leistungsfähigkeit sichert.

Ist eine Dynamomaschine bereits vorhanden, z. B. für Elektroplattierung, welche in der Regel mit 4 Volt Klemmenspannung konstruiert sind, und will man mit dieser Maschine nebstbei auch noch Galvanoplastik in Kupfer betreiben, so ist zunächst in Betracht zu ziehen, daß wir für Galvanoplastik $1^1/_2$ bis 2 Volt benötigen; man wird also in der Stromabzweigung für das Galvanoplastikbad einen Regulator einschalten, dessen Widerstände geeignet sind, die vorhandenen 4 Volt der Maschine auf 2, eventuell bis auf $1^1/_2$ Volt herabzudrücken. Dadurch geht allerdings für die Galvanoplastik die Mehrleistung der Maschine verloren, die man jedoch gegebenenfalls dadurch ausnützen kann, daß man zwei oder mehrere Plastikbäder mit gleicher Kathodenfläche hintereinander schaltet oder ein Bad füı Schnellgalvanoplastik anschließt, welches mit der Spannung von 3 bis 4 Volt arbeitet. Unter Hintereinanderschaltung der Bäder versteht man bekanntlich die Verbindung derselben in der Weise, daß man ganz so wie bei Elementen die Kathoden des ersten Bades mit den Anoden des zweiten, die Kathoden des zweiten mit den Anoden des dritten usw. verbindet. Die freigebliebene Anodenleitung des ersten Bades wird mit dem Anodenpol, die freigebliebene Kathodenleitung des letzten Bades mit dem Warenpol der Hauptleitung verbunden.

Nehmen wir an, die vorhandene Dynamomaschine hat eine Stromspannung von 4 Volt; wir beanspruchen für die Galvanoplastik normal eine Spannung von 1 Volt, so könnten wir in diesem Falle vier Galvanoplastikbäder »hintereinanderschalten«, es entfiele auf jedes Bad 1 Volt, wenn von Leitungs- und Kontaktverlusten einstweilen abgesehen wird. Das wäre die rationellste Ausnützung der Leistungsfähigkeit der Maschine ohne jeden Stromverlust und sie ist praktisch leicht durchführbar in der Weise, daß man anstatt eines großen Bades vier kleine Bäder aufstellt und die Kathoden in diesen vier Bädern gleichmäßig verteilt. Es ist nämlich Bedingung bei dieser »Hintereinanderschaltung der Bäder«, daß die Kathodenflächen der

einzelnen Bäder gleich groß seien, wenigstens annähernd gleich groß, soweit dies in der Praxis eben durchführbar ist. Hat man nur drei Bäder hintereinandergeschaltet, so entfällt von

Fig. 165.

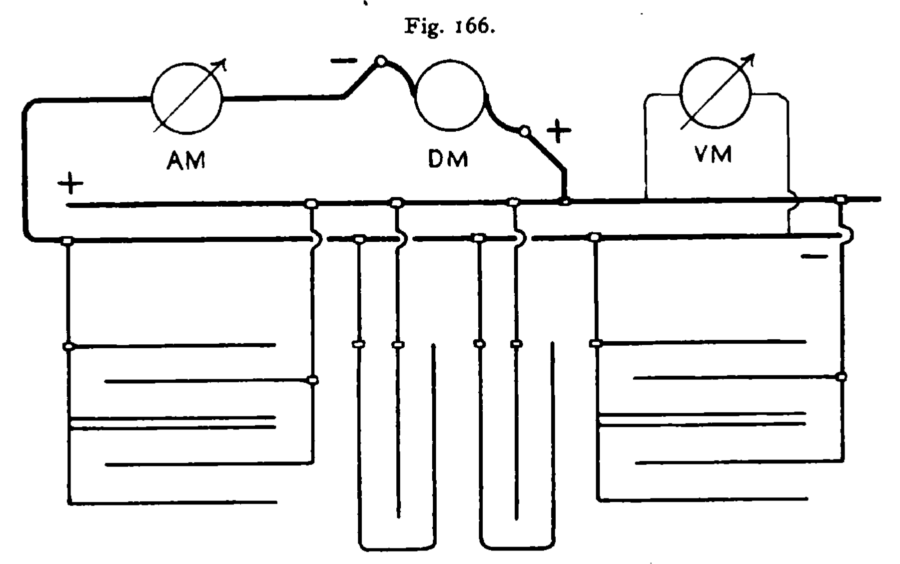


Betrieb der Galvanoplastik neben Elektroplattierbädern mit einer gemeinschaftlichen Dynamomaschine.

den 4 Volt der Maschine auf jedes Bad $4:3 = 1^1/_3$ Volt; hat man nur zwei Bäder hintereinandergeschaltet, so entfällt eine Stromspannung von $4 : 2 = 2$ Volt auf jedes Bad, die durch den in die Badleitung eingeschalteten Regulator ausgeglichen werden muß, weil bei 2 Volt der galvanoplastische Kupferniederschlag schon etwas dunkelrot ausfällt, weniger dicht und kompakt ist.

In Figur 165 ist eine solche Einrichtung veranschaulicht: mit einer Dynamomaschine wird gleichzeitig vernickelt, vermessingt, versilbert und Kupfergalvanoplastik betrieben, letztere in drei hintereinandergeschalteten Bädern.

Fig. 166.

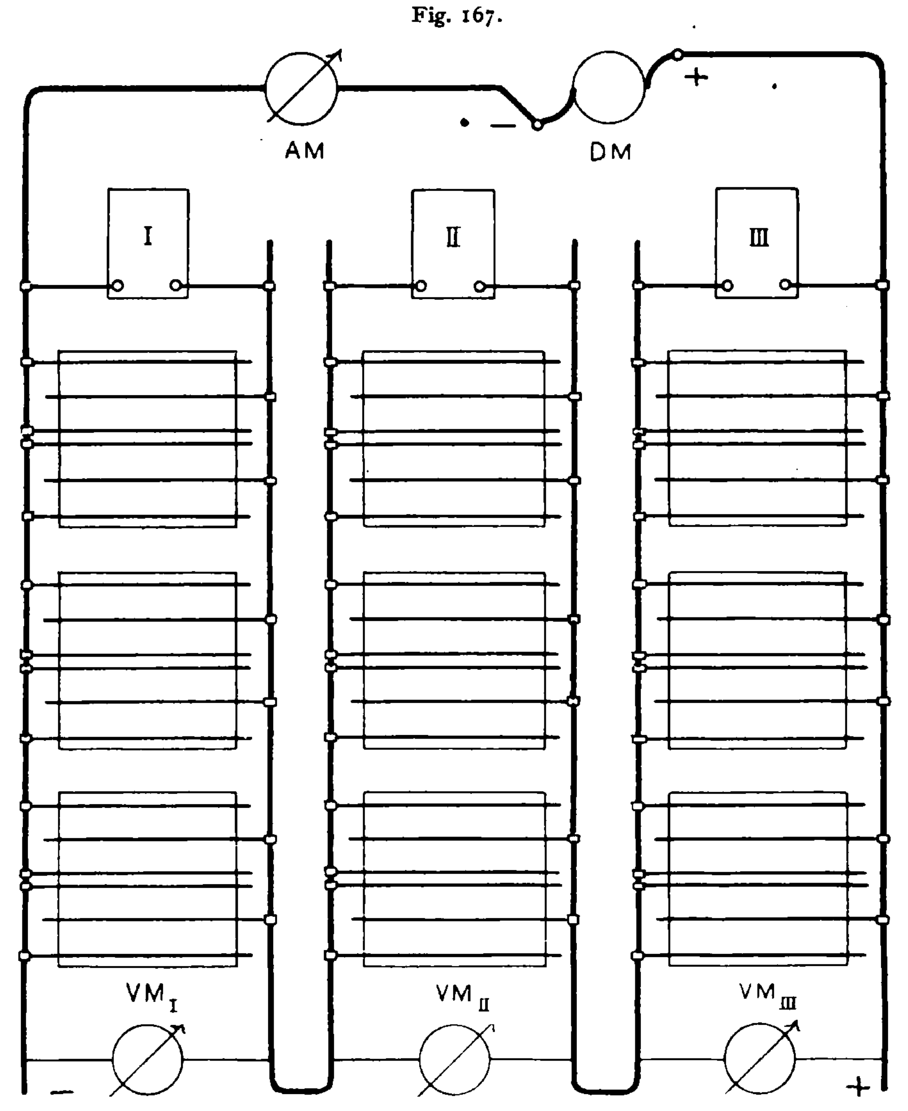


Betrieb der Galvanoplastik mit Dynamomaschine mit parallel geschalteten Bädern.

Soll ausschließlich nur Galvanoplastik betrieben werden, und zwar mit verschieden großen Bädern mit ungleichen oder häufig wechselnden Kathodenflächen, welche sich für eine Hintereinanderschaltung nicht eignen, so muß die Anlage für Parallelschaltung eingerichtet werden. In diesem Fall wählt man eine Dynamomaschine mit höchstens 2 Volt Klemmenspannung. Der Nebenschlußregulator der Maschine genügt zur Stromregulierung für sämtliche Bäder, weil für diese nur einerlei Stromspannung beansprucht wird. Es sind daher Regulatoren für die einzelnen Bäder nicht erforderlich. Eine solche Einrichtung veranschaulicht Figur 166.

Wird Galvanoplastik mit einer besonders großen Anzahl von Bädern betrieben, wie z. B. bei der hüttenmännischen Reinkupfer- oder einer anderen Metallgewinnung oder auch bei größeren Anlagen für Galvanoplastik zur Darstellung großer Stücke mit ziemlich regelmäßigem Betrieb, und ist die Einteilung so zu treffen, daß entweder alle Bäder oder

Fig. 167.



Betrieb der Galvanoplastik mit Dynamomaschine, die Bäder in Gruppenschaltung.

eine Anzahl derselben mit gleich großen Kathodenflächen beschickt werden können, so teilt man sehr zweckmäßig die Bäder in Gruppen ein, und zwar so, daß die Kathodenflächen der einzelnen Gruppen gleich groß sind. Die Bäder jeder Gruppe werden »parallel« verbunden, die Gruppen »hintereinander«. Die Dynamomaschine wird mit einer der Anzahl der Gruppen entsprechenden Klemmenspannung konstruiert und mit einer Stromstärke, wie sie die Kathodenfläche einer einzelnen Gruppe erfordert.

In Figur 167 ist eine solche Einrichtung schematisch dargestellt, wie sie in der k. und k. Staatsdruckerei in Wien und in ähnlicher Weise in der K. Deutschen Reichsdruckerei in Berlin zur Erzeugung großer Platten für Banknotendruck s. Z. von der Firma Wilhelm Pfanhauser mit großem Erfolg eingerichtet und in Tätigkeit gesetzt wurde.

Die neun Bäder sind in drei hintereinander geschaltete Gruppen eingeteilt.

Jede Gruppe ist mit einem Regulator bedacht, um vorkommendenfalls etwaige Differenzen der Badspannung jeder einzelnen Gruppe ausgleichen zu können, wie solche durch Veränderungen der Kathodenflächen oder der Bäderwiderstände bei praktischem Betrieb oft unvermeidlich vorkommen. Jede Gruppe ist mit einem Voltmesser versehen behufs Kontrolle der Badspannung, im Interesse eines regelmäßigen Betriebes zur Erzielung eines in allen Gruppen gleich guten Niederschlages. Ein gemeinschaftlicher Strommesser zeigt die gesamte Stromstärke an. Die Klemmenspannung der Dynamomaschine beträgt 3 Volt, ist somit voll ausgenützt, da in jeder der drei Gruppen mit einer Maximalbadspannung von ungefähr 1 Volt gearbeitet wird.

Das Seite 679 angeführte Bad für rasche Niederschläge erfordert, wie dies die Tabelle der Stromverhältnisse zeigt, höhere Badspannungen als das Bad Seite 675. Man wird sich also oftmals damit helfen können, indem man etwa an eine bestehende Anlage für Elektroplattierung ein Plastikbad mit den erforderlichen höheren Spannungen anschaltet, in welchem dann auch gleichzeitig rascher gearbeitet werden kann als in einem normalen Bad. Bemerkt sei aber, daß man selbstredend

für größere Einrichtungen, in denen das Schnellniederschlagsprinzip vorherrscht, Maschinen mit entsprechender Klemmenspannung wählt, die Leistung zweckmäßigerweise etwas höher annimmt, um nicht mit der Leistung der Maschine an ein bestimmtes Produktionsmaximum gebunden zu sein, das sich nicht steigern ließe, wenn die Leistungsfähigkeit der disponiblen Dynamo in Amper einmal erreicht ist.

Wichtig ist, wie schon des öfteren erwähnt, daß bei Hintereinanderschaltung von Bädern oder zu Gruppen geschalteter Bäder in jedem Bad, beziehungsweise jeder Gruppe die Gesamtkathodenfläche annähernd gleich sei. Würde man z. B. zwei Bäder hintereinander an eine Leitung von 2 Volt Netzspannung anschalten und im ersten Bad etwa die dreifache Kathodenfläche wie im zweiten Bad haben, so wird natürlich dem ganzen Widerstand der beiden hintereinandergeschalteten Bäder entsprechend eine Stromstärke durch die Bäder fließen, die im ganzen Stromkreis, also auch in jedem Bad die gleiche ist. Aber es wird sich im ersten Bad diese Stromstärke auf eine dreifache Fläche verteilen wie im zweiten Bad, in letzterem daher die dreifache Stromdichte, auf die Flächeneinheit bezogen, vorherrschen.

Durch die Parallelschaltung der in Figur 167 gezeichneten Regulatoren zu den hintereinandergeschalteten Bädergruppen kann man den Überschuß an Strom, der einen pulverigen Niederschlag erzeugen könnte, ableiten und hat bei Anwendung dieser Regulatoren so lange zu regulieren, bis die von den angeschlossenen Voltmessern angegebene Badspannung gleich ist; dann wird in jedem Bad, beziehungsweise jeder Badgruppe die gleiche Stromdichte herrschen, deren Einhaltung für die Beschaffenheit des Niederschlages von so eminenter Wichtigkeit ist.

Die vorbereitenden Arbeiten bei der Herstellung abnehmbarer Niederschläge.

Anfertigen der Formen (Matrizen). Bevor die eigentliche Metallfällung auf den dazu bestimmten Kathoden erfolgen kann, muß eine Reihe vorbereitender Arbeiten erledigt werden,

um die als Form, Matrizen usw. dienenden, das Niederschlagsmaterial aufzunehmenden Objekte für den elektrolytischen Prozeß brauchbar, geeignet zu machen. Es handelt sich in der Galvanoplastik stets um stärkere Metallschichten, die aber, zum Unterschied von den elektrolytischen Metallfällungen der Galvanostegie, zumeist nicht auf der Unterlage festhaften sollen. Es muß daher die Niederschlagsform derart stromleitend vorbereitet werden, daß ein Abheben des darauf erfolgenden Niederschlages in dem Falle leicht ermöglicht werden kann, wenn das Niederschlagsmetall ein für sich existenzfähiges Stück darstellen soll. Anders verhält es sich natürlich, wo, wie beim Überziehen von Gips, Glas, Holz u. dgl., der Niederschlag die Masse fest umschließen und dauernd mit ihr vereinigt bleiben soll.

Die vorbereitenden Arbeiten zerfallen in das Abformen, das hierauf folgende Leitendmachen oder Metallisieren und die Versorgung der leitenden Stellen mit Zuleitungskontakten. Obschon diese Abformmethoden für alle Arten der Galvanoplastik Geltung haben, sollen sie gleich hier besprochen werden, weil sie doch der Hauptsache nach in der Kupfergalvanoplastik Anwendung finden. Spezielle Abänderungen der Formmethoden für besondere Niederschläge werden bei den einzelnen Kapiteln der Galvanoplastik erwähnt.

Das Abformen. Die am häufigsten vorkommende Arbeit der Galvanoplastik besteht in dem Reproduzieren vorhandener Originale in Kupfer, sei es nun die Reproduktion einer Büste, Münze, Druckplatte oder eines Bijouterieartikels oder ähnliches. Es ist klar, daß man das Original in diesen Fällen nicht als Kathode für den galvanoplastischen Prozeß verwenden kann, weil durch die Metallfällung, wobei sich das Metall genau an die Kathodenteile anlegt, ein Negativ der Kathodenoberfläche geschaffen würde, d. h. jeder Erhöhung der Kathode entspräche eine gleich große und analog geformte Vertiefung im Niederschlag und umgekehrt. Deshalb ist man gezwungen, vorerst auf irgend einem Wege ein Negativ des Originals zu schaffen, von welchem weg erst der galvanoplastische Niederschlag, dem Original getreu als Positiv gewonnen werden kann. Die verschiedenen Methoden seien nachstehend be-

schrieben. Selbstredend sind die Methoden nicht für jedes Original gleich gut anwendbar und muß es dem Praktiker überlassen werden, selbst herauszufinden, welche Methode für den jeweiligen Zweck am geeignetsten ist. Vor allem aber ist das Material und die Natur des Originals für die Wahl der Formmethode und des Formmaterials ausschlaggebend.

Die Formmaterialien. Als Formmaterial kann jedes in der zur Verwendung kommenden Lösung unlösliche Material gelten, welches als leicht schmelzbare Metall- oder Wachskomposition auf das Original aufgegossen werden kann und nach der Abkühlung wieder erhärtet, ohne daß die Feinheit der Oberfläche eine Einbuße erleiden würde. Es sind daher Wachsarten oder Metallkompositionen, welche beim Erkalten ein kristallinisches Gefüge zeigen, ausgeschlossen. Andere Arten von Formmaterialien sind solche, welche bei einer bestimmten Temperatur plastisch werden und welche durch Druck die Form des Originals annehmen. Schließlich kann auch der Gipsbrei speziell in solchen Fällen geeignet erscheinen, wo die mathematische Genauigkeit der reproduzierten Stücke nicht in Betracht kommt. In besonders heiklen Fällen, wie z. B. beim Banknotendruck, werden sogar die Formen galvanoplastisch vom Original vervielfältigt und wird die Reproduktion selbstredend haarscharf die Feinheiten des Originals wiedergeben müssen.

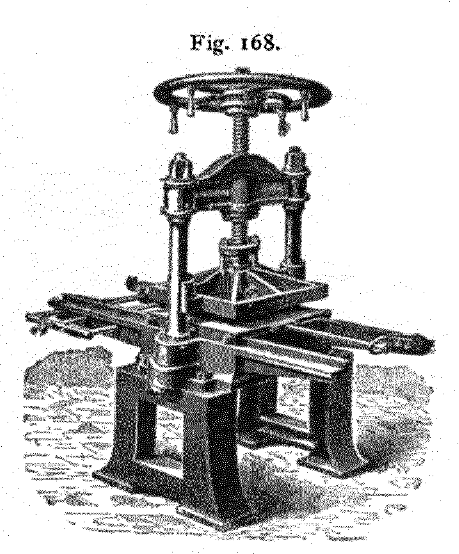
Abformen flacher Objekte. Je nach der Form des nachzubildenden Gegenstandes ist die Abformmethode verschieden. Flache ornamentale Verzierungen, flache Reliefs aus Metall, Medaillen und schließlich Präge- und Druckplatten werden gewöhnlich mittels der Presse abgeformt. Das geeignet vorbereitete Modell, wie wir das abzuformende Arbeitsstück nennen wollen, wird auf das halbweiche Massestück gelegt und auf der Presse — gewöhnlich einer Schlagradpresse nebenstehend abgebildeter Konstruktion — in die Formmasse eingedrückt.

Damit die Formmasse auf dem Tische der Presse nicht adhäriert, wird die Platte zumeist mit Graphit eingestäubt. Bei Verwendung von Guttapercha wird der Tisch der Presse sowie die Unterseite des Guttaperchastückes mit Glyzerin befeuchtet, um das oft vorkommende Ankleben der Gutta-

percha nach dem Pressen zu verhindern. Derselben Behandlung wird das Modell unterzogen.

Das Abformen mit der Spindelpresse wird nur für kleinere Modelle oder in galvanoplastischen Anstalten für den Buchdruck nur für kleinere Holzstöcke u. dgl. ausgeführt. Größere Flächen kann man mit der Spindelpresse nicht mehr abformen, hierzu bedient man sich der hydraulischen Pressen. Infolge des mit diesen Pressen zu erzielenden hohen Druckes, der sich auch bei den größten Matrizen auf die ganze Fläche gleichmäßig verteilt, ist es möglich, die feinsten Details vollkommen scharf abzuformen. Die Manipulation beim Prägen variiert nach dem verwendeten Formmaterial. Gewöhnlich aber wird die Formmasse in einen Metallkasten oder bei Guttapercha in einen eisernen, ca. 2—5 cm hohen Eisenring eingebettet, mit Graphit bestreut, das ebenso behandelte Modell daraufgelegt, von Hand etwas eingedrückt und in die Mitte des Preßtisches gelegt, worauf durch Einpumpen von Wasser in den Rezipienten der Presse der Tisch gegen das Kopfstück gehoben wird. Die Stärke des Druckes ist ebenfalls verschieden. So werden für Abformungen in Blei mitunter bis zu 50000 kg Druck auf kleine Flächen angewendet. Es ist angezeigt, die Modelle so lange in der Presse zu lassen, bis Modell und Formmasse die normale Zimmertemperatur angenommen haben. Dadurch verhütet man eine nachträgliche Formveränderung der Matrize, was bei Benutzung vorgewärmter Modelle häufig eintritt.

Fig. 168.



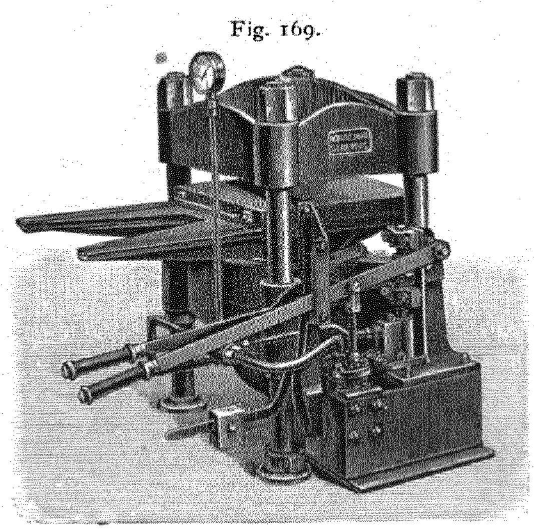
Spindelpresse.

Eine hydraulische Presse, wie solche in galvanoplastischen Anstalten gebräuchlich sind, veranschaulicht Fig. 169.

Die Konstruktion dieser hydraulischen Pressen zeigt keine besonderen Abweichungen von gewöhnlichen Maschinen dieser

Art. Die Presse ist niedrig gebaut, der Hub nur gering, weil ja auch die einzuprägenden Zeichnungen u. ä. nur ganz geringe Erhöhungen aufweisen. Das Kopfstück ist massiv gebaut und wird von vier Säulen entsprechender Stärke gehalten. Der Wasserkasten und das Pumpwerk sind seitlich angeordnet und an der Presse direkt montiert. Zur Verhütung von gefahrbringenden allzu hohen Drucken ist ein Sicherheitsventil, bestehend aus Hebel und Gewicht, welch letzteres sich nach dem maximal zulässigen Gesamtdruck richtet, angebracht. Der Pumpenkörper aus Rotguß enthält den Druckkolben, Saug- und Druckventil. Der Preßtisch ist zumeist in der Weise ausgebildet, daß eine ausziehbare Platte in Nuten des Preßtisches auf Röllchen läuft und gestattet, diese Platte, welche die Matrizen trägt, vor und nach der Pressung leicht bedienen zu können. Als Druckflüssigkeit dient Wasser oder Glyzerin. Nach erfolgter Pressung wird durch ein Ablaßventil die Druckflüssigkeit in den Wasserkasten zurücklaufen gelassen, wobei sich der Tisch senkt. Die normalen Größen der in der Galvanoplastik gebräuchlichen hydraulischen Pressen sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Fig. 169.



Hydraulische Presse.

Tischgröße in cm		Maximaldruck in Atmosphären	Druckeffekt in kg	Gewicht ca. kg
Breite	Tiefe			
60	42	120	88 200	1700
57	46	300	377 000	2600
80	70	120	150 700	3000
80	70	300	377 000	4060

Die in diesen Pressen abzuformenden Modelle, Holzschnitte, Schriftsätze usw. können maximal die Dimension der angegebenen Tischgrößen erreichen. Zur Bedienung einer solchen Presse genügt durchwegs ein Mann, die Pressen werden zumeist für Handbetrieb gebaut, können aber auch für Kraftbetrieb eingerichtet werden.

Metallformen. Naturgemäß ist die Metallmatrize die vorteilhafteste und speziell für Massenabformung die rationellste, wenn es sich um flache und größer dimensionierte Objekte handelt. Als Leiter erster Klasse, der nicht erst, wie wir dies bei den Wachs- und Guttaperchamatrizen sehen werden, oberflächlich elektrisch leitend gemacht werden muß, kommt der Metallmatrize die erste Stelle in allen jenen Fällen zu, wo höhere Temperaturen während der Elektrolyse zur Anwendung kommen, bei denen Matrizen aus Wachs, Guttapercha erweichen würden, wodurch aber auch gleichzeitig die Feinheit des Abdruckes leiden müßte. Als Material für solche Metallmatrizen können solche Metalle in Betracht kommen, welche entweder leicht schmelzbar sind und infolge der niederen Verflüssigungstemperatur dem Original beim Übergießen nicht schaden können, oder solche, welche sehr weich sind, so daß man die Modelle ohne Gefährdung der Feinheiten unter der Presse in das schmiegsame Material, zumeist Blei, einpressen kann. In dritter Linie kommt endlich galvanoplastisch niedergeschlagenes Kupfer, Nickel oder Stahl in Betracht, wenn ein Negativ geschaffen werden soll, was, wie z. B. im Banknotendruck, als Depotplatte dienen soll, von welcher mehrere gleichartige Abzüge in Kupfer, Nickel oder Stahl angefertigt werden sollen.

Von den zum Abformen durch Übergießen geeigneten leichtschmelzbaren Metallegierungen seien folgende angeführt:

1. Das Woodsche Metall. Dieses schmilzt bei 76° C und besteht aus:

Kadmium	2	Teile
Wismut	8	„
Blei	4	„
Zinn	2	„

2. Das Rosesche Metall; schmilzt bei 94° C und besteht aus:

Wismut	**2 Teile**
Blei	**1 „**
Zinn	**1 „**

Letztere Komposition wurde mehrfach abgeändert, teils um den Schmelzpunkt herabzudrücken, teils um das Material zu verbilligen. So kam man zu der Mischung:

Blei	**5 Teile**
Zinn	**3 „**
Wismut	**8 „**

welche bei 80° C schmilzt, und zu der Mischung:

Blei	**2 Teile**
Zinn	**3 „**
Wismut	**5 „**

welche genau bei 100° C schmilzt.

Als Material, welches sich infolge der damit erzielten scharfen Abdrücke und der feinkörnigen Struktur ganz besonders für galvanoplastische Gießmatrizen eignet, wird von Böttcher folgende Komposition empfohlen:

Blei	**8 Teile**
Wismut	**8 „**
Zinn	**3 „**

Diese Legierung schmilzt bei 108° C.

Das Mischen solcher Metalle geschieht in folgender Weise. Es werden die Metalle in der angeführten Reihenfolge in einem eisernen Tiegel oder Gießlöffel geschmolzen und mittelst eines Eisenstabes durchgerührt. Ein übermäßig langes Erhitzen oder zu hohe Temperatur ist schädlich, weil das Metall leicht grobkristallinisch wird, was speziell bei dem Roseschen und Woodschen Metall zu beachten ist. Die geschmolzene Metallmasse läßt man dann tropfenweise auf eine reine Eisen- oder Steinplatte ausfließen, reinigt das Schmelzgefäß und schmilzt die Masse abermals. So wird 3—4mal verfahren und die Legierung ist hierauf einheitlich und genügend gut gemischt. Endlich läßt man das geschmolzene Metall, welches nicht viel über 120—130° C warm sein soll, durch ein Papierfilter fließen,

dessen Spitze mit einer Nadel durchstochen ist, und erreicht man dadurch, daß die Oxydschichten, die sich beim Schmelzen gebildet haben, zurückgehalten werden.

Sollen nunmehr Matrizen aus solchen Kompositionen angefertigt werden, z. B. der Abdruck einer Medaille, so wird das Metall geschmolzen und in eine Gußform aus Stein oder Gips (auch Pappe eignet sich hierzu) gegossen und die kalte Medaille aus geringer Höhe, etwa 5—10 cm hoch, auf die warme Mischung fallen gelassen. Nachdem das Metall erstarrt ist, was in wenigen Sekunden der Fall ist, wird die Medaille durch leichtes Klopfen abgetrennt. Vorschrift ist dabei, nach dem Ausgießen des Metalls, solange es noch heiß ist, die Oberfläche durch ein Kartenblatt zu reinigen. Anstatt die Medaille oder sonst ein flaches Objekt auf die weiche Metallmasse fallen zu lassen, kann man auch das Abformen durch Eindrücken von der Hand oder unter der Presse ausführen.

Brandely empfiehlt, das Abformen in solchen Kompositionen stets unter der Presse auszuführen, und schlägt folgenden Weg vor. Das flüssige Metall wird in eine angewärmte Metallschale gegossen, der Tisch der Presse ist, wo dies tunlich ist, ebenfalls anzuwärmen, um ein vorzeitiges Erstarren des Metalls zu verhindern. Das Modell, z. B. ein Gipsstück, legt er auf das Metall, sobald dieses zu erstarren beginnt. Nun wird ein Blatt Papier oder eine Metallplatte darübergelegt und bevor das Metall erstarrt, durch einen energischen, aber nicht zu starken Druck die Presse einwirken gelassen.

Für Objekte annähernd gleicher Größe kann man so verfahren, daß man einen teilbaren Metallkasten unter die Presse bringt. Das Gipsstück wird eingebettet und das Metall darübergegossen. Der Kasten besitzt am oberen Ende eine zylindrische Öffnung, in welche ein Kolben genau eingepaßt ist. Die Presse drückt auf den Kolben, das Metall wird auf diese Art in jede Unebenheit eingepreßt, und nach Erkalten der Metallmasse wird der Kasten zerlegt, das Gipsmodell zerstört und der Abguß, der selbstredend auch geteilt sein kann, ist auf diese Weise gewonnen.

Es lassen sich, unter Anwendung geeigneter Vorsichtsmaßregeln, auch profilierte Modelle, sogar Büsten in Metall durch Umgießen herstellen und verfährt Winkelmann hierbei wie folgt: Das Gipsmodell der betreffenden Büste wird mit ca. 2 cm dicken Platten von Ton umkittet und über das Ganze ein Gipsmantel gebildet. Sobald der Mantel hart geworden, löst man den Ton heraus, was durch warmes Wasser leicht ermöglicht wird. Wenn man jetzt den Gipsmantel um das Modell legt, bleibt ein 2 cm breiter Zwischenraum, der mit dem leichtflüssigen Metall ausgegossen wird. Nach Zerstören des Modells resultiert die Matrize in der Stärke der aufgelegten Tonschicht.

Um ein Ansetzen des Niederschlagmetalls auf der Rückseite der Matrize zu vermeiden, wird diese mit einem isolierenden Anstrich von Zelluloid in Aceton versehen oder mit Wachs, Asphaltlack oder Guttapercha abgedeckt.

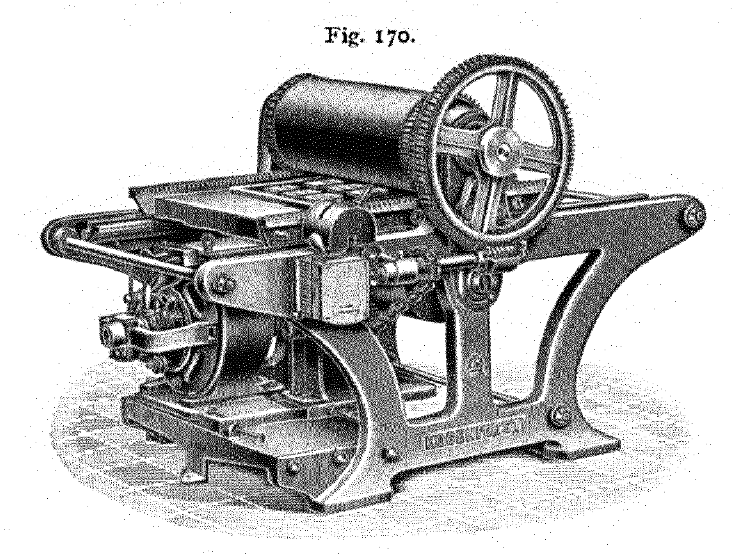
Bleiprägung. Flache Druckplatten aus Metall werden in der hydraulischen Presse in Blei abgeformt. Zu diesem Zwecke werden Bleiplatten von ca. 6—10 mm Dicke plangehobelt und auf den Tisch der hydraulischen Presse gelegt, die zu prägende Platte daraufgelegt und unter entsprechendem Drucke unter Berücksichtigung der Angaben des Manometers eingepreßt. Ein Abformen dieser Art unter der Spindelpresse ist nicht durchführbar, weil das Blei durch den plötzlichen Schlag leicht zu einem dünnen Blatt gepreßt werden kann und die Mutterplatte Gefahr liefe, zerstört zu werden.

Diese Art der Bleiprägung kann aber nur für verhältnismäßig kleine Stücke Verwendung finden, wie z. B. beim Abformen von Briefmarken. Will man größere Flächen in Blei abformen, so greift man zum Verfahren von Dr. Albert, das mit sogenanntem Partialdruck arbeitet, oder zum Abformen mit einer geriffelten Stahlunterlage.

Das Albertsche Verfahren hat sich als das zuerst veröffentlichte rasch Eingang verschafft und es liefert auch tatsächlich die besten Resultate. Vor allem wird es überall dort einzig und allein in Anwendung kommen, wo ganz genaue (bei Mehrfarbendruck aufeinanderpassende) Galvanos gewünscht werden, da nach dem Albertschen Verfahren keinerlei Dehnung des Bildes vorkommen kann.

Das Abformen mit Blei-Wachsmatrizen. Dieses Verfahren, das von Beensch stammt und heute eines der vollkommensten und gleichzeitig mit einfachsten Mitteln arbeitendes Prägeverfahren darstellt, kennzeichnet sich durch die Anwendung dünner Bleifolien, die auf eine ganz eigenartige Methode mit einer dünnen Wachsschicht einseitig überzogen sind, während die Rückseite mit einer isolierenden Schicht bedeckt ist. Die Vorderseite dieser Matrizen ist bereits graphitiert und es sind solche fertig präparierten »Blei-Wachs-Matrizen« zu

Fig. 170.



Kalander.

außerordentlich niedrigem Preis und in allen Formaten erhältlich. Je nachdem, was abgeformt werden soll, d. h. ob Schriftsatz, Holzstöcke, Autotypien, Zinkätzungen etc., wird die Bleifolie stärker oder schwächer gewählt.

Das Prägen selbst geschieht mittelst besonderer Kalander, welche entweder von Hand oder auch maschinell angetrieben werden. Fig. 170 zeigt einen solchen Kalander, und ist eine weitere Erklärung wohl überflüssig. Der Arbeitsgang ist der denkbar einfachste. Die Originale werden mit der Bildseite nach oben auf den Tisch des Kalanders gelegt, mit Benzin unter Zuhilfenahme einer Fiberbürste gut gereinigt und hierauf kurz mit Graphit eingebürstet. Die Bleiwachsmatrize

wird ebenfalls, nachdem sie mit einer Schere auf das richtige Maß geschnitten wurde, mittelst einer breiten Graphitierbürste graphitiert und mit der präparierten Seite nach unten auf das abzuformende Original gelegt. Hierauf kommen ein oder mehrere Blatt Zeitungspapier und schließlich eine etwa 3 mm dicke Filzplatte. Man läßt nun durch Drehen der Kalanderwalze, die seitlich eine Zähnung besitzt, welch letztere in eine am beweglichen Tisch des Kalanders angebrachte Zahnstange paßt, den Tisch mit dem Original nebst der daraufliegenden Bleiwachsmatrize unter der Walze durchgehen, wobei genügend Druck ausgeübt werden kann, um die größten Stücke in höchst einfacher Weise abzuformen. Nach dem Abheben der geprägten Matrize wird dieselbe nochmals graphitiert, mit Alkohol überspült und sofort in ein Kupferbad eingehängt, das für diese Zwecke einen bestimmten Säuregehalt besitzen muß.

Zu bemerken ist jedoch, daß das Exponieren solcher Matrizen in den Bädern nach bestimmten Prinzipien zu erfolgen hat. So ist es beispielsweise begreiflich, daß, falls die Matrizen mit Kupferdrähten in die Bäder eingehängt werden, diese von der Bildseite her durch geeignete Löcher in der Matrize eingeführt werden, damit der Zuleitungsdraht einen sicheren Kontakt mit der Bleifolie erhält. In bewegten Bädern empfiehlt es sich, die Matrizen auf Schieferplatten zu befestigen, um ein Hin- und Herschaukeln derselben innerhalb der Lösung zu vermeiden.

Eine richtig vorbereitete Matrize ist in wenigen Minuten gedeckt, ganz einerlei, wie groß die Matrizenfläche ist, ein Vorteil gegenüber der Prägung in Wachs, die jedem Fachmann einleuchten wird. Natürlich sind ornamentale Objekte auf diese Weise nicht abzuformen, sondern es beschränkt sich die Anwendbarkeit dieses Verfahrens auf die graphische Industrie, Buchdruck etc. Für Mehrfarbendruck ist diese Abformmethode deshalb unverwendbar, weil beim Abformen stets geringe Verzerrungen des Bildes vorkommen.

Mit solchen Kalandern lassen sich übrigens auch gewöhnliche (unpräparierte) Bleifolien zum Abprägen benutzen, nur muß man dann eine besondere Oxydation oder Präparierung der Bleifolie nach der Prägung vornehmen, ehe man sie in das

betr. Kupferoder Nickelbad etc. bringt, damit das Galvano ohne Verzerrung nach erfolgtem Niederschlagsprozeß abgenommen werden kann. Vor dem Exponieren im Bad sind die Prägungen mit Alkohol abzuspritzen. Vgl. Herstellung von Nickelklischees.

Andere Metallmatrizen. Die Herstellung von Metallmatrizen auf galvanoplastischem Wege schließt sich eng an die eigentliche Herstellung von Kupferdruckplatten an. Die Originalplatte, die entweder graviert oder geätzt ist, wird mit einer Zwischenschicht versehen, um ein Verwachsen der beiden Metallschichten zu verhindern. Als solche Zwischenlagen verwendet man eine der in der Monographie*): »Die Herstellung von Metallgegenständen auf elektrolytischem Wege und die Elektrogravüre« angeführten Verfahren. Gewöhnlich kommt eine Jodsilberschicht in Anwendung oder ein Überzug von Wachs oder Kakaobutter. Letztere Methode ist die in den Banknotendruckereien gebräuchlichste und wird folgendermaßen ausgeführt: Man stellt sich eine konzentrierte Lösung von Kakaobutter in absolutem Alkohol her, indem man die beiden Substanzen auf dem Wasserbade unter Anwendung eines Rückflußkühlers erhitzt. Diese Lösung wird mit absolutem Alkohol im Verhältnis von 1 : 10 verdünnt und über die gereinigte Originalplatte gegossen. Der Alkohol verdunstet und läßt eine hauchdünne Fettschicht auf der Platte zurück. Die so behandelte Platte wird jetzt mit geschlämmtem Graphit bestreut und mit einem Wattebäuschchen glänzend gerieben. Die Platte wird hierauf auf eine mit Wachs überzogene Bleiplatte gelegt, mit mehren Kupfer- oder Messingstiften darauf befestigt und an den vier Seiten mit ca. 3 cm hohen Glas- oder Zelluloidstreifen eingefaßt, die Einfassungsstreifen mit Wachs ebenfalls befestigt, so daß die Platte ringsum einen Stromlinienschirm (siehe die obenangeführte Monographie des Verfassers pag. 35) erhält. Nun erfolgt der galvanische Niederschlag bis zu einer Stärke, welche ausreicht, um eine selbständige Metallmatrize abzugeben. Sollen von profilierten Originalen, wie z. B. Reliefs, Metallmatrizen angefertigt werden, so wird das Verfahren sinngemäß abgeändert. Bei Anwendung

*) Verlag von Wilhelm Knapp, Halle a. S.

heißer Lösungen, wie solche in der Nickelgalvanoplastik oder Stahlgalvanoplastik vorkommen, muß anstatt Wachs eine die Temperaturen des Elektrolyten aushaltende Isoliermasse Anwendung finden. Als solche können Zelluloid oder Holz, auch Gips u. ä. in Betracht kommen. Für Nickelgalvanoplastik sind Nickelmatrizen zu empfehlen, weil das Nickel bekanntlich die Eigenheit besitzt, auf einer Nickelunterlage, besonders dann, wenn sie mit einer Sulfidschicht bedeckt ist, nicht festzuhaften. Verfasser hat diese Methode mehrfach durchprobiert und ist dabei zu sehr schönen Resultaten gekommen.

Abformen mit Wachs und ähnlichen Substanzen. Sehr nahe lag die Verwendung von plastischen fettigen, in den kalten elektrolytischen Bädern unangreifbaren Substanzen, wie Wachs, Stearin, Paraffin oder Mischungen ähnlicher Substanzen miteinander. Reines Wachs und Stearin für sich allein kann man nur für ganz wenig erhabene Originale verwenden und kommen für größere Betriebe nicht in Betracht.

Es sei nur erwähnt, daß auch bei Stearin- oder Wachsformen, so wie dies bei Wachskompositionen gebräuchlich ist, die Modellstücke oder Originale mit Seife oder Fett einzureiben sind, um ein Anhaften des Modells an der Formmasse zu vermeiden.

Abformen mit Stearin. Stearin kommt hier und da in galvanoplastischen Anstalten in Verwendung und wird damit in der Weise verfahren, daß das geschmolzene Stearin über das in einem Rahmen aus Holz, Kitt o. ä. eingebettete Modell gegossen wird. Die Temperatur des Stearins soll tunlichst niedrig gehalten sein, am besten dem Erstarrungspunkte nahe; bei zu hoher Temperatur wird das Stearin leicht kristallinisch, wodurch Schönheit der Form sowohl wie dessen Festigkeit leiden. Infolge der Durchsichtigkeit des Stearins ist man beim Abformen mit diesem Material in der Lage, etwa sich ansetzende Luftblasen zu bemerken, und man entfernt diese mit einem Pinsel, solange das Stearin noch geschmolzen ist. Die Tendenz des sogenannten mageren Stearins des Handels, zu kristallisieren, kann man übrigens dadurch vermeiden, daß man Fettsubstanzen, wie Talg, Öl oder Terpentin zusetzt.

Die Stearinformen müssen vom Modell abgenommen werden, solange das Stearin noch warm ist; man kann darauf das

Leitendmachen wesentlich rascher ausführen, weil der Graphit, wo solcher verwendet wird, auf dem warmen, klebrigen Stearin besser haftet, oder weil beim chemischen Metallisieren die Metallfällung, um die es sich hierbei gewöhnlich handelt, bedeutend erleichtert und beschleunigt wird. Weiter ist für diese Vorschrift der Umstand maßgebend, daß sich das Stearin beim Erkalten zusammenzieht und dabei reißt. Brandely soll von der Zusammenziehung der Stearinformen Gebrauch gemacht und eine Goldschüssel in der Staatsbibliothek zu Paris auf fast die Hälfte reduziert haben, indem er von Stearinformen wiederholt galvanoplastische Abdrücke und davon wieder Abformungen ausführte, wobei jede weitere Stearinform etwas kleiner als das Modell ausfiel, ohne daß der Abdruck an Feinheit eingebüßt hätte oder sich die relativen Verhältnisse geändert hätten.

Abformen von Gipsmodellen in Stearin. Beim Abformen von Gipsoriginalen oder Gegenständen in Stearin werden diese entweder mit Stearin selbst oder mit einer Lösung getränkt, welche beim Verdunsten des Lösungsmittels eine die Poren ausfüllende Masse hinterläßt, wie z. B. die Lösung von Zelluloid in Aceton oder auch eine Leimlösung. Auf jeden Fall ist es angezeigt, um ein Zusammenwachsen des Modells mit dem Stearin zu verhüten, die Modelloberfläche mit Graphit einzupinseln.

Man kann denselben Zweck auch dadurch erreichen, daß man den Gips mit Wasser tränkt und dann erst das Stearin darübergießt.

Für gewöhnlich werden zum Abformen dem gewöhnlichen Wachs andere Substanzen beigefügt, um die Masse geschmeidig und elastischer zu machen. Als solche Kompositionen seien folgende angeführt.

Masse von G. L. von Kress:

Weißes Wachs	120	Teile
Stearin	50	„
Talg	30	„
Syrischer Asphalt	40	„
Geschlämmter Graphit	5	„

Masse von Karl Kempe:

Gelbes Bienenwachs	700	Teile
Paraffin	100	„
Venetianischer Terpentin	55	„
Graphit	175	„

oder:

Scheibenwachs	50	Teile
Gelbes Wachs	30	„
Ceresin	15	„
Venetianischer Terpentin	5	„

Masse von Hackewitz:

Wachs	20	Teile
Dicker Terpentin	20	„
Kolophonium	10	„
Graphit	50	„

Infolge des hohen Graphitgehaltes ist diese Masse an und für sich schon sehr gut leitend und kann diese beim Abformen auf schwieriger zu graphitierende Formen, wie z. B. Schriftsätze u. dgl., empfohlen werden.

Masse von Urquhart:

Gelbes Wachs	900	Teile
Venetianischer Terpentin	135	„
Graphit	22	„

Masse von Furlong:

Reines Bienenwachs	850	Teile
Rohterpentin	100	„
Geschlämmter Graphit	50	„

Furlong empfiehlt, die gemischte Masse in einem Dampftroge 2 bis 3 Stunden zu erhitzen, um jede Feuchtigkeit zu entfernen. Weiter schlägt er vor, je nach der Jahreszeit die Gewichtsmengen von Wachs und Terpentin zu variieren. Besonders in den heißen Sommermonaten, wo die Masse leicht zu weich wird, ist der Zusatz von Terpentin zu verringern, um scharfe Formen zu erhalten, die beim darauffolgenden Graphitieren nicht an Feinheit verlieren. Um die Formen im Sommer noch widerstandsfähiger zu machen, empfiehlt er einen

Zusatz von noch 50 Teilen Burgunderpech, welches dem Wachs eine größere Härte verleiht.

Nach Untersuchungen des Verfassers hat sich folgende Masse sehr gut bewährt, speziell auch beim Abformen unterschnittener Modelle. Die Masse ist äußerst elastisch und man kann mit einiger Vorsicht Objekte mit ziemlich weit vorspringenden Partien damit abformen. Die Masse besteht aus:

Bienenwachs (gelb)	**400**	**Teile**
Erdwachs (Ozokerit)	**300**	„
Paraffin	**100**	„
Venetianischem Terpentin	**60**	„
Graphit (geschlämmt)	**150**	„

In den Sommermonaten ändere man die Komposition in folgender Weise ab:

Bienenwachs (gelb)	**250**	**Teile**
Erdwachs (Ozokerit)	**450**	„
Paraffin	**50**	„
Venetianischer Terpentin	**35**	„
Graphit (geschlämmt)	**180**	„

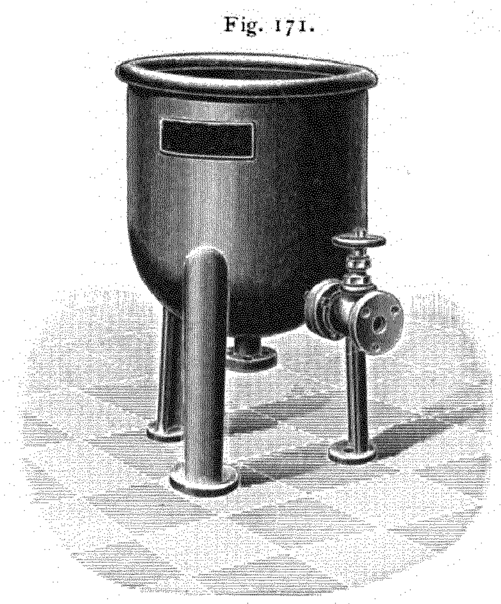
Je nach dem Profil der abzuformenden Modelle oder Originale gießt man sich Platten von 1 bis 5 cm Dicke, wozu man sich der sogenannten Wachsschmelzkessel (siehe Fig. 171) bedient.

Der Einsatz, in welchem das Wachs geschmolzen wird, besteht zumeist aus getriebenem Kupfer. Der Schmelzkessel hat doppelte Wandung und wird mittels Dampf geheizt. Eine direkte Anwärmung des Wachses mittels Gas- oder Herdfeuerung ist zu vermeiden, weil das Wachs leicht anbrennt. Ist das Wachs geschmolzen, so werden die anderen Substanzen in der angegebenen Reihenfolge eingetragen und mit einem Holzstabe umgerührt. Es sei bemerkt, daß selbstredend bereits einmal gebrauchtes Wachs immer wieder eingeschmolzen werden und wieder verwendet werden kann.

Das Ausgießen der Tafeln geschieht auf planen Eisenplatten, an deren Ränder Stege aus Metall oder Holz angelegt wurden. Man gießt sich auf diese Weise Tafeln von gewünschter Stärke. Für die Klischeerzeugung wird das Wachs-

ca. 1 cm dick ausgegossen. Als Gießkästen dienen eiserne Rahmen, welche auf den unten zur Abbildung gebrachten Wachsschmelztisch (s. Fig. 172) aufgelegt werden. Der Tisch ist mit Dampf geheizt und wärmt die Gießplatten vor. Bevor das Wachs erkaltet, werden mit einem scharfen, langschneidigen Instrumente solche Partien des Wachses abgeschabt, unter denen Luftblasen sichtbar sind, die noch warme Masse wird oberflächlich noch mit Graphit eingestaubt und gebürstet.

Fig. 171.



Wachsschmelzkessel.

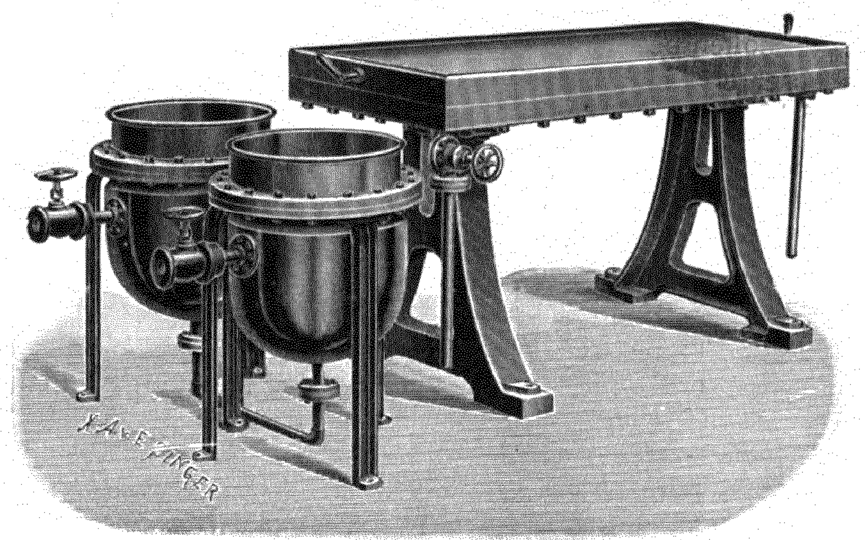
Nach amerikanischem Muster werden die gegossenen Wachsplatten auf eigens hierzu konstruierten Maschinen plan gehobelt. Die graphitierte Wachsfläche ist damit gewöhnlich zum Prägen fertig. Nun wird das Original für die Prägung vorbereitet. Das Original wird mit einem Rahmen umgeben, der dieses beim Prägen vor allzu starkem Drucke schützen muß. Zum Prägen ornamentaler Modelle, wie Reliefs, Bücherecken usw. wird die Wachsplatte auf den Tisch der Presse gelegt, das Modell ganz wenig mit Seifenwasser eingerieben oder mit einem geölten Tuche behandelt, auf die Wachsplatte gelegt und die Presse wirken gelassen. Größere Flächen werden ebenfalls mit der hydraulischen Presse behandelt, und zwar kommen Drucke von 40 bis 60 Atmosphären zur Anwendung, um alle Details scharf zu erhalten. Das Wachs muß noch lauwarm zur Prägung gelangen und ist so lange unter der Presse zu belassen, bis es auf normale Temperatur gekommen ist.

Abformen mit Guttapercha. Zum Abformen von Gegenständen aus Metall verwendet man sehr häufig noch Gutta-

percha. Früher war dieses Material fast allein dafür in Verwendung; seit man jedoch versteht, das Wachs entsprechend zu präparieren, wurde die Guttapercha immer mehr in den Hintergrund gedrängt. Bloß für die Silbergalvanoplastik ist es noch nicht ersetzt worden, weil sich die Guttapercha in den cyankalischen Silberlösungen als fast unangreifbar erwiesen hat und man die sonst für cyankalische Lösungen gebräuchlichen Kupfer- oder Metallmatrizen dadurch ersetzen kann.



Fig. 172.



Wachsschmelztisch.

Guttapercha besitzt die Fähigkeit, in heißem Wasser, auch in trockener Wärme zu erweichen, ohne klebrig zu werden und nach dem Erkalten wieder zu erstarren, jedoch einen gewissen Grad von Elastizität beizubehalten, so daß man, ohne eine Alteration der Genauigkeit des Abdrucks befürchten zu müssen, das Original davon herauszulösen imstande ist. Man kann in Guttapercha Objekte in einem Stück formen, zu denen man bei Anwendung jeder anderen Formmasse unbedingt mehrere zusammenzusetzende Formstücke nehmen müßte. Bedingung ist bloß, daß das Modell einen gewissen Druck verträgt, der beim Abformen unter der Presse zur Erzielung eines mathematisch genauen Abdrucks unvermeidlich ist.

Die Guttapercha wird weder von sauren noch cyankalischen kalten Lösungen angegriffen, verändert nicht seine Form, hat einen kleinen thermischen Ausdehnungskoeffizienten und kann wiederholt als Matrizenmaterial dienen.

Es ist sehr schwierig, im Handel eine Guttapercha von geeignet guter Qualität zu finden; manchmal ist sie zu alt, spröde (mager) oder mit Gummi vermengt, klebrig (läßt nicht aus) oder mit Faserstoffen verunreinigt, welche die Genauigkeit des Abformens erschweren. Erstere beiden Sorten sind überhaupt nicht zu verwenden, letztere Sorte kann man von den Faserstoffen befreien, wenn man sie in 70 bis 80° C warmem Wasser erweicht und durchknetet, mit der feuchten Hand die Unreinheiten entfernt.

Man achte darauf, das Wasser niemals kochend zu verwenden, weil darin die Guttapercha klebrig wird. Beim Durchkneten verfährt man am besten so, daß man sukzessive mit zunehmendem Erweichen des ganzen Laibes die weichen Stücke abreißt und aus jedem einzelnen Stück die Faserstoffe entfernt. Ist dann der ganze Laib zerstückt, dann knetet man die einzelnen Teile zusammen, wobei man die Hand mit Glyzerin befeuchtet, weil das Glyzerin das lästige Ankleben der Guttapercha an der Hand verhindert. Das Durchkneten selbst ist Übungssache und muß so lange fortgesetzt werden, bis alle Luftblasen aus der Masse entfernt wurden.

Die Manipulation des Abformens mit Guttapercha geschieht in der Weise, daß man die weiche Guttapercha sowohl wie das Modell mit Glyzerin und Graphit einschmiert. Der flachgedrückte Laib wird in einen Eisenrahmen gelegt, die Tischplatte der Presse ebenfalls mit Glyzerin befeuchtet und nun die Prägung vollzogen. Man läßt Form und Modell wieder bis zum vollständigen Erkalten in der Presse.

Hat man eine Vorrichtung, etwa einen Kasten aus Gußeisen, auf dessen Boden (mit der abzuformenden Modellfläche nach oben) das Modell liegt, und drückt die Guttapercha mittels eines eingepaßten Stempels unter der Presse ein, so erhält man naturgemäß eine der genauesten und vollkommensten Formen.

Die Guttapercha ist für galvanoplastische Zwecke zuerst von Gueyton im Jahre 1851 in Paris angewendet worden und damals wurde diesem diese Anwendungsart auch patentiert. Das Verdienst macht ihm allerdings Mezger in Braunschweig streitig, welcher galvanoplastische Formen aus Guttapercha schon im Jahre 1846 hergestellt haben will.

Der Franzose Lenoir verwendet, um Objekte, welche weniger Druck aushalten, auch mit Guttapercha abformen zu können, eine Mischung von

Guttapercha	10 **Teile**
Schweinefett	4 „
Harz	3 „

Diese Masse ist so weich, daß sie in erwärmtem Zustande von Hand in die Tiefen des Modells eingedrückt werden kann.

Dr. F. Binder beschreibt das Lenoirsche Verfahren in seinem ausführlichen Handbuche der Galvanoplastik in folgender Weise: Zuerst wird die eine Seite oder, wenn sich mehr als zwei Formteile nötig erweisen, ein Stück des Gegenstandes mit Gips umgossen und der Rand des Gipsgusses mit kleinen Löchern versehen. Hierauf wird die Guttaperchamischung, welche bereits in einem Metallkasten in einem Wasserbade bis fast 100° C erwärmt worden ist, über die freigebliebene Seite des Modells gelegt und mit den Fingern in alle Vertiefungen des Modells und in die Löcher des Gipsgusses eingetrieben. Der Guttaperchaabdruck wird nun abgenommen, nachdem er erhärtet ist, und an seine Stelle ebenfalls ein Gipsabguß gebracht. Endlich bringt man an die Stelle des ersten Gipsabgusses auch Guttapercha und erhält auf diese Weise eine vollständige Matrize des Modells in zwei Stücken, welche sich um so leichter miteinander vereinigen lassen, als die infolge der im Gipsgusse angebrachten Löcher entstandenen Zapfen der einen Hälfte in die Löcher der anderen passen.

Auf diese Weise kann man ganz zarte Objekte, wie Insekten, Blätter u. dgl. abformen.

Ernst Murlot fils in Paris stellt ein Surrogat für Guttapercha aus Birkenrinde dar, welches sich ähnlich wie reine

Guttapercha verhalten soll, und empfielt es als Zusatz zu Guttapercha.

Abformen mit Leim. Als Formmaterial kommt z. B. auch Gelatine oder Leim in Anwendung. Diese Materialien haben jedoch den Übelstand, daß sie sich in den Bädern teilweise lösen und die Lösungen verderben, während die Formen unscharf werden. Man kann sich hierbei helfen, indem man die nicht mit Kupfer zu überziehenden Stellen mit einem den Badeinflüssen widerstehenden Anstrich überzieht, wie Lacke, Fette u. ä. Die zu überziehende Stelle wird mit einer Tanninlösung unlöslich gemacht, indem diese auf die Form gegossen wird. Man kann sich auch die bekannte Tatsache zunutze machen, daß belichtete Chromgelatine unlöslich wird. Zu diesem Zwecke läßt man Kaliumbichromat auf die Gelatine einwirken und exponiert die Masse bei Sonnenlicht.

Nach einem Vorschlag von Brandely*) wird in einem auf dem Sandbade erwärmten Gefäß 400 g Regenwasser erhitzt und 50 g Kandiszucker darin gelöst. Nach vollständigem Lösen wird weißer Leim in kleinen Stücken zugesetzt, und wenn sich dieser gelöst hat, werden noch 5 g pulverisierte Gerbsäure mit einem Glasstabe eingerührt.

Die Auflösung hat dann eine zarte Fleischfarbe angenommen, ist vollkommen flüssig und kann in die feinste Vertiefung des Modells eindringen, daher den Abdruck mit der größten Genauigkeit aufnehmen. Die Masse ist nach einigen Stunden so weit erstarrt, daß man sie abnehmen kann.

Mit Vorteil wendet man den Leim bloß zum Vervielfältigen eines Modelles an, um darnach Formen aus anderem Material, wie Wachs, Gips usw. anzufertigen. Die bestgeeignetste Komposition ist:

Leim	4 **Teile**
Sirup	1 **Teil.**

Um die Abformung mit Leim hat sich Brandely vor allem verdient gemacht, und besonders für schwieriger abzuformende Modelle ist der von Brandely vorgezeichnete Weg beim Ab-

*) S. auch Dr. F. Binder, Handbuch der Galvanoplastik. V. Aufl., p. 84.

formen bedeutungsvoll. Um nach seiner Vorschrift z. B. einen Becher abzuformen, verfährt man folgendermaßen*):

Auf einer Glasplatte oder eingeölten Marmorplatte wird ein Gipsblock geformt und dieser mit einem Hohlraum versehen, der tunlichst die Form des abzunehmenden Modells hat. Auf das Modell wird nun mit Bleistift eine Halbierungslinie gezeichnet und das Modell so weit in den Gipsblock eingelassen, bis die Gipsblockoberfläche mit der gezeichneten Linie übereinstimmt. Die übrigbleibenden Hohlräume zwischen Gips und Modell werden mit rotem Modellierwachs möglichst genau ausgefüllt. Ferner fertigt man einen doppelten Formkasten von Gips, wie solche in der Metallgießerei gebräuchlich sind; dieser besteht aus zwei rechtwinkeligen Rahmen, von welchen der obere gegen den unteren dadurch in seiner Lage erhalten wird, daß an dem ersteren angebrachte Stifte in die Löcher des zweiten eingreifen. Die Gipsplatte wird ganz eben auf zwei Unterlagen gelegt, das Gefäß durch irgendeine unterhalb der Platte angebrachte Vorrichtung unterstützt und darauf der mit Löchern versehene Teil des Gießkastens so, daß die Löcher nach unten zu liegen kommen, darübergedeckt.

Außerhalb verstreicht man alle Fugen mit Formmasse, ölt Modell und das Innere des Kastens und gießt denselben bis an den Rand mit Leim voll, wobei man alle Vorsichtsmaßregeln zur Vertreibung von Luftblasen anwendet.

Sobald der Leim erstarrt ist, dreht man das Ganze um, so daß das oberste zu unterst zu liegen kommt, und nimmt die Gipsplatte ab, ohne das Modell aus seiner Lage zu bringen. Es ist demnach die eine Hälfte des Modells abgeformt und muß nun die gleiche Operation mit der anderen Hälfte vorgenommen werden.

Zu diesem Zwecke legt man die zweite Hälfte des Gießkastens auf die erste, so daß die Stifte der ersten Hälfte in die Löcher der zweiten greifen. Um zu verhindern, daß der Leim, den man in die zweite Hälfte des Formkastens gießt, nicht in dem der ersten Hälfte hängen bleibt oder sich mit

*) Dr. F. Binder, Handbuch der Galvanoplastik.

ihm verbindet, bedeckt man diese mit einem Streifen feinen Papieres, welches in Öl getränkt ist. Man ölt hierauf auch die zweite Hälfte des Modells und des Kastens und gießt die Leimlösung hinein. Wenn das Ganze erkaltet ist, nimmt man die eine Hälfte des Formkastens von der anderen ab, welche, da sie verjüngt gearbeitet ist, sich leicht von der Leimform abhebt; nimmt dann die Hälfte der letzteren selbst ab, legt sie in den Kasten zurück und hebt nun das Modell heraus. Man hat jetzt zwei Formhälften, in die man Gips, Wachs oder Stearin gießt. Ist die Formmasse beider Hälften erstarrt, so nimmt man sie heraus und fügt sie zusammen, die Gipshälften, indem man sie durch flüssigen Gips verbindet, die Stearin- (oder ähnliche) Hälften durch vorsichtige vorhergegangene Erwärmung der zu verbindenden Flächen.

Man kann aber auch Gegenstände dieser Art auf eine andere Weise formen. Man läßt einen etwas konischen Mantel von Kupfer oder Weißblech herstellen, stellt das zu formende Gefäß aufrecht auf eine Marmorplatte und befestigt der Richtung der Höhe nach mit arabischem Gummi einen dünnen Seidenfaden, dessen Enden oben und unten vorstehen. Nun setzt man den Mantel so darüber, daß das Stück genau in der Mitte steht, verkittet den Mantel und gießt nun den Leim ein. Sobald er erstarrt ist, nimmt man den inwendig geölten Mantel weg, vereinigt die beiden Fadenenden und schneidet damit die Leimform der Länge nach auseinander. Darauf nimmt man das Modell aus der elastischen Leimform heraus, bringt letztere in den Mantel zurück und gießt die Formmasse hinein.

Solche Arbeiten müssen in bezug auf die Wärmeverhältnisse mit Überlegung ausgeführt werden, um zu verhüten, daß der Leim schmilzt.

Der Gips darf nicht mit zu viel Wasser angerührt werden, weil sonst das noch freie Wasser, welches beim Erstarrungsprozeß warm wird, den Leim lösen würde. Um zu verhüten, daß die Gipsmasse eine höhere Temperatur annimmt, muß der Gips mit dem ihm zugedachten Wasser sofort zusammengerührt werden. Die Leimform ist vor Verwendung erst abzukühlen.

Das von Rauscher*) vorgeschlagene Verfahren zur Herstellung von galvanoplastischen Formen beruht darauf, daß die Chromleimform mit einer sie stützenden Hinterlage versehen wird, wobei die Leimform mit einer Metallisierungsschicht bedeckt wird. Das neue Verfahren zeichnet sich vor den bisher bekannten dadurch aus, daß die Formen leichter hergestellt werden können, daß ferner zu komplizierten Modellen mit unterschnittenen Teilen ohne Schwierigkeiten gute, zuverlässige Formen angefertigt werden können.

Um dies zu erreichen, wird von dem zu vervielfältigenden Gegenstand ein Abguß oder Abdruck in Gips, Metall oder sonst einem Material hergestellt, wodurch man ein Negativ erhält. Diese Form 1, aus welcher beliebig viele Formen für galvanoplastische Vervielfältigungen gewonnen werden können, besitzt außen einen Rand von ungefähr 2 cm Höhe. Zu der Form 1 wird eine Prägeform 2 gemacht, welche als Deckel auf die Form 1 gelegt, so weit in diese hineinreicht, daß sie mit Ausnahme des Randes mit allen ihren Teilen etwa 3 mm von allen Teilen der Form 1 entfernt bleibt. Die Form 1 wird mit chromsäuregesättigtem Rosmarin- oder anderem chromsäurelösenden Öle bepinselt. Sodann wird guter Leim mit Glyzerin im Wasserbade zu einem dünnflüssigen Brei gekocht und in die Hohlform 1 gegossen. Jetzt wird vermittelst der Prägeform 2, die nur in den ungefähren Umrissen die Form des zu vervielfältigenden Gegenstandes zeigt, der in der Form 1 befindliche, mit Chromsäure übergossene Leim fest zusammengepreßt. Durch dieses Zusammenpressen gewinnt nicht nur der Leimguß an Schärfe, sondern er wird auch, was die Hauptsache ist, vollständig von der Chromsäure durchdrungen. Ist der Leimguß erkaltet, so hebt man ihn mit dem fest an ihm haftenden Prägestempel 2 aus der Hohlform 1, bestreicht den Leimguß noch einmal mit dem chromsäurehaltigen flüchtigen Öl und setzt ihn dem Lichte aus. Das chromsäurehaltige flüchtige Öl dringt dadurch ih die obere Schicht des Leimgusses ein, und die Chromsäure bildet mit dem Leim, vom Lichte beeinflußt, eine lederartige Masse, die vollständig

*) D.R.P. Nr. 91900 vom 1. Okt. 1896. Z. f. E. IV, 301 ff.

elastisch bleibt, nicht erhärtet und gegen Wärme und Nässe fast unempfindlich ist.

Alle Versuche, die Leimabgüsse mit Chromsäure zu bepinseln und dadurch zu fixieren, haben die Mißstände ergeben, daß die Abgüsse quellen, stumpf und verschwommen werden. Dieser so gewonnene Leimguß 3 ist für die eigentliche, für den Niederschlag brauchbare Form eine Modellform. Der Leimguß 3, der nun durch die Einwirkung des Lichtes dunkler geworden ist, wird mit einem weichen Pinsel eingefettet und in derselben Weise wie eine galvanoplastische Form behandelt, mit Graphit bestreut und vermittelst eines weichen Pinsels graphitiert. Auf diese Graphitschicht wird Bronzepulver gestreut und in derselben Weise verrieben wie Graphit. Dann wird diese doppelte Schicht mit einer Guttaperchalösung, d. h. Guttapercha in Schwefelkohlenstoff, gelöst, bestrichen, hierauf mit einer Schellacklösung, der Damarlack zugesetzt ist, nochmals überzogen. Der Zusatz von Damarlack geschieht, damit die Haut leichter an der aufzugießenden Masse haftet und sich dadurch leichter vom Leimguß loslöst.

Wenn diese so gewonnene Haut trocken ist, was sehr bald geschieht, wird die also behandelte Leimform mit einer Wachsmasse begossen, welche folgende Bestandteile enthält:

Weißes Wachs mit Stearin gemischt
Asphalt
Etwas venetianischen Terpentin, Schmalz
Schneeweiß
Kienruß.

Diese Wachsmasse nimmt die auf der Leimform 3 durch die Behandlung mit Graphit, Bronzepulver, Guttapercha und Schellacklösung entstandene feste Haut vollständig von der Leimform 3 mit und ergibt einen haarscharf mit einer elektrisch leitenden Haut überzogenen Abguß der Leimform, welcher nun, um als Niederschlagform fertig zu sein, nur blank graphitiert zu werden braucht.'

Es ist klar, daß dieser mit der in oben beschriebener Weise erzeugten metallischen Haut überzogene Wachsabguß bedeutend besser galvanisch leitend sein muß als nur mit Graphit überzogene Kautschuk- und andere Formen.

Weiter gestattet dieses Verfahren, bedeutend größere Gegenstände mit größeren Erhöhungen und Vertiefungen durch Kupferniederschlag herzustellen, als dies bei den bisher üblichen Verfahren, bei welchen der niederzuschlagende Gegenstand vermittelst Guttapercha aufgebracht wurde, möglich war.

Das bisher beschriebene Verfahren läßt sich in etwas anderer Form auch für ganze Figuren verwenden, indem man nämlich das zu vervielfältigende Modell, z. B. eine ganze Figur, nachdem sie in entsprechender Weise abgehälftet ist, in Gips, Metall oder anderem stabilen Material abformt, und zwar so, daß die beiden Formenteile, die hierdurch entstanden sind, je eine Hälfte der zu vervielfältigenden Figur erhaben zeigen, also nicht wie bei dem vorhin beschriebenen Verfahren für die Reliefs vertieft.

Gerade bei diesen Modellen und überhaupt bei Leimformen, welche große Höhe und Tiefe haben, ist ein Abguß mit flüssiger Wachsmasse ohne die Schutzhaut gar nicht möglich, weil die heiße Wachsmasse die Höhe der Leimform, wenn diese nicht in der angegebenen Weise geschützt ist, einfach wegschmilzt und in sich aufnimmt, wodurch der Abguß für Galvanoplastik vollständig unbrauchbar würde. Diese Schutzhaut schützt sämtliche zarte Stellen der Leimform vor der Berührung mit der heißen Wachsmasse. Es ist daher ein Zerstören bezw. Stumpfwerden der Form ausgeschlossen.

Abformen mit Gips. Beim Abformen mit Gips verwende man nur die beste Gipssorte und bereitet sich einen dünnen Brei, indem man Gips mit entsprechend viel Wasser anrührt. Hat man Gegenstände aus Metall oder aus Marmor abzuformen, so ölt man die Modellflächen etwas ein, um das Abheben zu erleichtern; hat man von Gips abzuformen, so wird das Modell mit Seife eingerieben und mit Graphit bepinselt. Man bürstet nun vorerst mit einem Pinsel eine dünne Schicht Gips auf das so vorbereitete Modell, damit jede Luftblase entfernt werde, und gießt hierauf den Gipsbrei in gewünschter Dicke darauf. In einer halben Stunde ist der Gips fest geworden. Das Abformen flacher Modelle ist sehr einfach auszuführen. Man umrandet das Modell, dessen abzuformende

Fläche nach oben liegt, mit Glaserkitt oder mit einem Blechstreifen und füllt die Zwischenräume mit Kitt aus. Der Gips wird in oben bereits beschriebener Weise aufgetragen und erstarren gelassen, worauf das Abheben erfolgen kann.

Der Gips selbst ist zur Aufnahme von Graphit zwecks Leitendmachung nicht geeignet, sondern muß erst mit Stearin oder einer Mischung von gleichen Teilen Stearin mit Paraffin getränkt werden. Dies nennt man das Auskochen des Gipses. Die Mischung wird in einem Blechgefäß geschmolzen und auf ca. 120° C gebracht, das Gipsstück hineingelegt und etwa eine Viertelstunde darinnen belassen, bis man sicher ist, daß sich alle Zwischenräume im Gips mit Stearin verlegt haben. Das Auskochen mit Stearin hat übrigens noch den Zweck, zu verhindern, daß beim späteren Einhängen der Gipsform in das Bad Lösung in die Poren des Gipsgusses eintritt, wodurch die Form zerreißen würde.

Beim Abformen von Büsten, Figuren usw., wo viele unterschnittene Stellen vorkommen und daher die Notwendigkeit eintritt, die Form zu teilen und den Niederschlag aus mehreren Stücken zusammenzusetzen, muß man mit großer Übung vorgehen, um diejenigen Schnittlinien zu finden, welche die Anzahl der Formstücke auf ein Minimum reduzieren. Die einzelnen Gipsformstücke werden dann vereinigt und mit Gipsbrei zusammengehalten, oder man zerbricht das Modell nach dem Abformen, wo dies angängig ist, um die Form ganz zu erhalten.

Im allgemeinen verfährt man bei der Abformung eines komplizierten Modells wie folgt: Nachdem man sich über die Schnittlinien klar geworden ist, nach denen man das Modell partienweise mit Gips überziehen will, geht man zunächst an das größte abzuformende Flächenstück, präpariert es entweder mit Öl oder Seife, wie oben besprochen, und trägt in bekannter Weise eine 2—3 cm dicke Gipsschicht auf.

Ist das Gipsstück erhärtet, dann nimmt man es ab, kantet die Ränder sauber ab, seift es ringsum tüchtig ein, legt es dann wieder auf das Modell und trägt auf der benachbarten Stelle des Modells eine neue Gipsschicht auf usf., bis das letzte Schlußstück an die Reihe kommt.

Die einzelnen Stücke werden nun zu einem Ganzen zusammengefügt und mit einem gemeinsamen Gipsmantel überzogen oder, wenn aus Gründen der Stromversorgung im galvanoplastischen Bade eine solche Manipulation nicht durchführbar ist, wird von jedem Gipsstück ein galvanoplastischer Niederschlag genommen und werden die einzelnen Stücke später durch Zusammenlöten montiert.

Nähere Verhaltungsvorschriften beim Abformen mit Gips siehe bei M. Weber, »Die Kunst des Bildformers und Gipsgießers« im Verlage von Bernhard Friedrich Voigt in Weimar.

Das Leitendmachen der Formen. Ist das Original in einer der angegebenen Massen abgeformt, so muß die Form, bevor sie mit einer leitenden Schicht überzogen wird, für die Stromzuleitung hergerichtet werden. Handelt es sich um flache Reliefs, so legt man um die Ränder der Zeichnung einen etwa $^1/_2$ mm starken Kupferdraht, der oben an starken Einhängebügeln befestigt ist. Die Wachsplatte wird zwecks Aufhängung mit 1—2 Löchern versehen, in welche Kupferbügel eingreifen. Man kann auch in die Wachsplatte beim Schmelzen die Aufhängestreifen mit einschließen und zur Verhütung des Schwimmens des spezifisch leichteren Wachses werden ein oder mehrere Schnüre eingeschmolzen, an denen zur Beschwerung Glas- oder Bleimassen angehängt werden. Die am Rande eingelegten feinen Kupferdrähte werden mit einem erwärmten Kupferstück in Form eines Lötkolbens in das darunter weich werdende Wachs oder in die Guttapercha eingedrückt und wird mit einem Messer der Kupferdraht freigelegt, falls sich geschmolzenes Wachs darübergelegt haben sollte. Bei Metallmatrizen aus Blei oder einer der früher angegebenen Kompositionen werden beim Gießen bereits ein oder mehrere Zuleitungsdrähte eingelegt. Bei Gipsformen wird ein dickerer Kupferdraht eingesetzt und eventuell auch ein feinerer Draht, wie bei Wachsformen, der nach dem Guß wieder freigelegt wird. Die Zuleitung bei Gipsformen, die gegenüber Wachs sehr widerstandsfähig sind, wird nach dem Leitendmachen oft noch dadurch verbessert, daß man einen dünnen Draht, z. B. bei Figuren aus Gips oder ähnlichen Stücken, in Spiralform derart um die Form legt, daß der Draht

an mehreren Stellen die leitend gemachte Form berührt. Das Kupfer wächst dann von mehreren Stellen aus gleichzeitig und deckt den Gips rascher, wodurch die Möglichkeit des Eindringens von Lösung in die Poren und das damit verbundene Zerreißen der Form verhindert wird.

Ist die Form hohl, hat man z. B. eine tiefe Vase in einem Stück abgeformt, so ist es gut, die Stromzuleitung am Boden anzubringen, so daß das Kupfer von der tiefsten Stelle aus wächst, wodurch später Randknospen vermieden werden; gleichzeitig erreicht man dadurch auch, daß die Stärke des Kupferniederschlages überall annähernd gleich wird. Nun folgt das Leitendmachen selbst. Es bestehen hierfür eine Unzahl Verfahren, teils patentiert, teils geheim gehalten, und seien nur diejenigen herausgegriffen, die in der Praxis gebraucht werden, oder denen ein origineller Gedanke zugrunde liegt.

Leitendmachen durch Graphit. Die gebräuchlichste Methode ist die des Graphitierens. Diese Methode wurde im Jahre 1873 von St. W. Wood (E. P. vom 30. Okt. 1873) vorgeschlagen. Als Material kommt nur reinster geschlämmter, sandfreier Graphit in Betracht, der reinen Kohlenstoff darstellt. Dr. Hermann Langbein wurde ein Verfahren patentiert zum Reinigen von Graphit durch stufenweise Behandlung von rohem Graphit mit Schwefelsäure und Alkalien.*)

Es wird feingemahlener roher Graphit mit Wasser zu einem Brei angerührt und konzentrierte rohe Schwefelsäure zugesetzt. Letztere zersetzt bei der eintretenden Reaktionswärme die Silikate, z. B. des Aluminiums, unter Bildung von schwefelsaurer Tonerde. Bei Verwendung von konzentrierter Säure allein erfolgt die Zersetzung nur unvollständig, weil das entstehende Sulfat in der Säure unlöslich ist. Der Graphit wird darauf durch Dekantieren von der Flüssigkeit getrennt und mit Wasser ausgelaugt, bis die Flüssigkeit nicht mehr sauer reagiert. Das Filtrat enthält schwefelsaure Tonerde und wird auch diese weiter bearbeitet. Der zurückbleibende Graphit

---

*) D. R. P. Nr. 109 533 v. 10. 12. 98. Zus. z. P. 109 533 Nr. 125 304 v. 20. 6. 1900.

wird darauf mit konzentrierter Natronlauge am besten in Autoklaven unter Druck erhitzt. Die durch die Zersetzung mit Schwefelsäure in leicht lösliche Form gebrachte Kieselsäure sowie die freie Kieselsäure und andere Verunreinigungen, die noch nicht gelöst sind, werden dabei gelöst. Es resultiert reiner Graphit, der nach dem Ablassen der Wasserglaslösung nur noch mit Wasser ausgewaschen und getrocknet zu werden braucht, um verbrauchsfähig zu sein.

Das bekannte Verfahren von Schössel (Mußpratt, Enzyklop. Handbuch der techn. Chemie. IV. Aufl., Bd. 4, Spalte 1569, 2. Absatz) beruht auf der abwechselnden Behandlung von Graphit mit Salzsäure und Alkali und ist mit vorstehendem Verfahren nicht zu verwechseln, weil Salzsäure den vorhandenen Ton nicht zersetzt. In der Kritik dieses Verfahrens ist daher mit Recht gesagt, daß die Einwirkung der Salzsäure zweckmäßiger an das Ende der Operation verlegt werde.

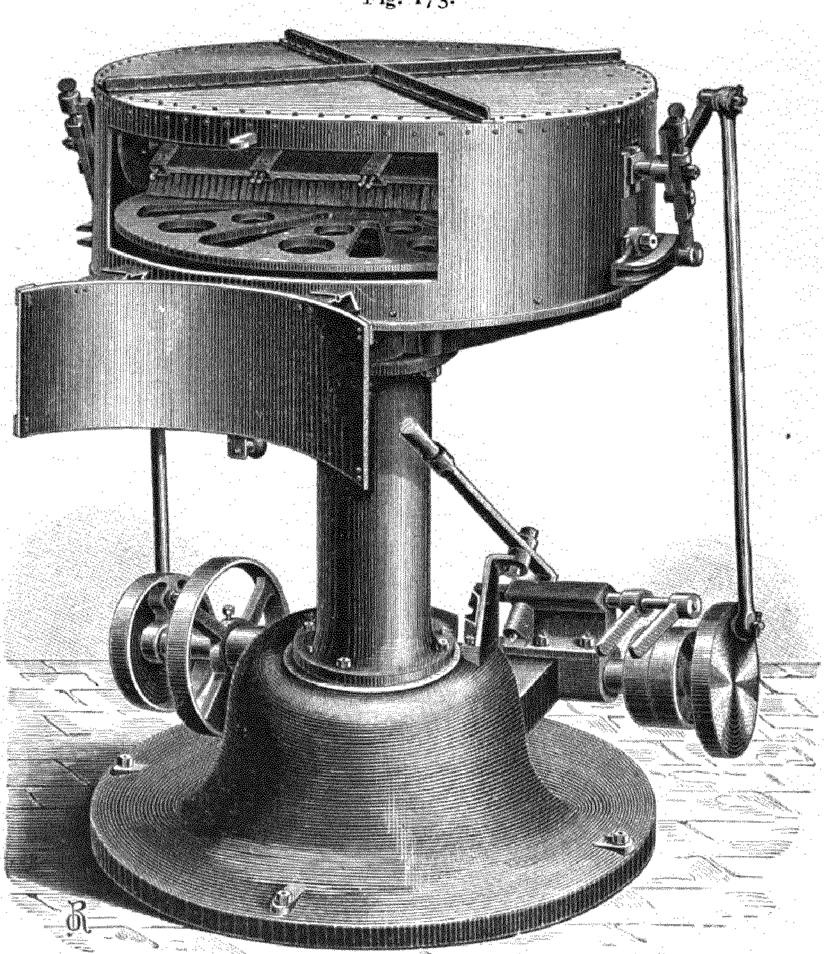
Die Behandlung von Graphit mit verdünnter Schwefelsäure allein, welche zur Reinigung von Beimengungen gelegentlich vorgeschlagen wurde, weil sie Graphit nicht angreift, ergibt natürlich keinen reinen Graphit, weil derselbe stets Silikate oder feine Kieselsäure enthält.

Der Patentanspruch lautet: Verfahren zur Gewinnung von reinem Graphit durch stufenweise Behandlung von rohem Graphit mit Schwefelsäure und Alkalilauge, am besten unter Druck.

Metallpulver zum Leitendmachen. Neben Graphit wurde auch die Anwendung von fein verteiltem Blei als Material zum Leitendmachen vorgeschlagen. Praktischer wäre aber wohl, direkt fein verteiltes Kupfer hierzu zu verwenden, wie solches Verfasser elektrolytisch aus verdünnten Kupfervitriollösungen in vorzüglicher Qualität erhalten hat, oder solches Kupfer in Verbindung mit Graphit. Als ganz brauchbares Material hat sich auch die feine Goldbronze erwiesen, besonders da deren Leitvermögen im Vergleich zum Graphit ganz bedeutend ist und daher ein „Zugehen" der leitend gemachten Stellen viel rascher vor sich geht als bei Anwendung von Graphit. Immerhin aber haftet der Graphit infolge seines schmierigen Charakters viel fester an den Formen als

die verschiedenen Metallpulver; bloß die warm behandelten Stearin- oder Wachsformen bilden eine Ausnahme, da auf diesen das Metallpulver besser haftet. Immer aber fallen die

Fig. 173.



Graphitiermaschine.

galvanoplastischen Niederschläge auf mit Metallpulvern leitend gemachten Formen rauher aus als auf graphitierten.

Das Graphitieren ist mit besonderer Sorgfalt auszuführen. Der Graphit wird auf die Wachsformen, Guttapercha- oder die mit Wachs getränkten, noch lauwarmen Gipsformen auf-

gestreut und mittels eines feinen Haarpinsels in drehender, schneller Bewegung aufgepinselt. Bei richtigem Graphitieren muß die Fläche glänzend metallisch schwarz aussehen. Es leuchtet ein, daß der Kupferniederschlag löcherig ausfallen wird, wenn die Graphitierung unvollkommen war, wenn kleine Pünktchen oder Fleckchen der Matrizenoberfläche ungraphitiert geblieben sind. Es ist ein Irrtum, wenn man meint, mit einer allzu weichen Bürste bessere Resultate zu erzielen, um die Feinheit der Form nicht zu zerstören, es kann im Gegenteil eine ziemlich starke Borstenbürste sein. Nur Formen aus Wachs oder Gelatine werden mit feineren, weichen Bürsten oder Pinseln graphitiert. Formen aus Guttapercha oder Mischungen mit Guttapercha pflegt man vor dem Graphitieren etwas anzuhauchen, damit der Graphit besser hafte, und bürstet den trockenen Graphit erst dann auf.

Sollen Gips oder Holz, die mit Stearin getränkt wurden, graphitiert werden, so pinselt man mit Vorteil einen Graphitbrei auf, den man durch Anrühren mit Wasser erhält. Man läßt trocknen und bürstet mit einer reinen Bürste den überschüssigen Graphit weg.

Wird das Graphitieren von Hand besorgt, so führe man diese Arbeit niemals im Bäderraume aus, sondern in einem besonderen, vom Bäderraum abgeschlossenen Raum.

Am besten ist es, wo dies angeht, sich der nebenstehend abgebildeten Graphitiermaschine (Fig. 173) zu bedienen, namentlich, wenn es sich um größere ebene Flächen, wie in den galvanoplastischen Anstalten für Druckereien, handelt.

Die Graphitiermaschine arbeitet schneller, gleichmäßiger und auch billiger, als dies von Hand möglich ist.

Boudreaux*) schlägt vor, den zum Leitendmachen bestimmten Graphit vor dem Abformen auf das Wachs usw. zu streuen. Etwa aufzubringendes Bronzepulver soll dann durch ein vorher aufzustreichendes Klebemittel oder durch Anwärmen der Form festgehalten werden.

Dr. G. Langbein bringt in seinem Handbuch der galvanischen Metallniederschläge, IV. Aufl., 1898, p. 380 ein Ver-

*) D.R.P. Nr. 84 235 von 1893, Jahrb. f. Elektrochemie II, 195.

fahren, welches den Übergang zu den chemischen Methoden der Leitendmachung bildet. Danach soll ein gleichmäßiger, schnell zuwachsender Kupferüberzug über die graphitierte Fläche dadurch erhalten werden, daß man dieselbe vorerst mit Spiritus übergießt, diesen ablaufen läßt und nun mit einer 20%igen Kupfervitriollösung übergießt (ohne Schwefelsäure). Nun werden fein pulverisierte (gesiebte!) Eisenfeilspäne mittels eines sehr feinmaschigen Siebes aufgesiebt und diese mit einem Pinsel aus feinen langen Haaren mit der Kupferlösung verrührt und mit dem Graphit in Kontakt gebracht. Dabei scheidet sich am Graphit metallisches Kupfer aus und nach dem Abspülen der so behandelten Fläche und mehrmaliger Wiederholung der Prozedur soll eine ziemlich zusammenhängende Kupferhaut erhalten werden, auf welcher das Kupfer, namentlich in den vertiefteren Partien der Formen rasch zugehen soll. Jedenfalls aber muß die Behandlung mit Eisenfeile sehr vorsichtig gemacht werden, um die Feinheiten der Matrize nicht zu alterieren, und das Bestreuen mit Eisenfeile muß langsam ausgeführt werden, weil die dabei auftretende Erwärmung den Wachsformen gefährlich werden könnte.

Ein nicht genügend begründeter Vorschlag stammt von Stouls*), welcher anstatt Wasser Milch verwendet, um damit Graphit zu einem Brei anzurühren und auf die Matrizen aufzutragen.

Ash, Gill und Green**) empfehlen, nichtleitende Gegenstände zunächst in Lösungen von Schellack, Kopal- oder anderen Lacken zu tauchen, in denen fein verteiltes Kupferpulver usw. suspendiert ist. Die derart behandelten Gegenstände werden hierauf mit Wasser abgespült und eventuell nochmals abgebürstet, um den überflüssigen Lack zu entfernen. Hierauf folgt ein 5 Minuten langes Eintauchen in eine Silbernitratlösung, wobei sich auf der Oberfläche des Gegenstandes eine dünne Silberschicht bildet, die sich zur Aufnahme eines weiteren Metallbelages vorzüglich eignen soll.

---

*) D. R. P. Nr. 74447 vom 26. Septbr. 1893; vgl. auch Jahrb. f. Elektrochemie I, 187.

**) E. P. Nr. 5372 von 1893. Jahrb. f. Elektrochemie I, 187.

Ein Verfahren zur Herstellung leitender Überzüge auf Nichtleitern für galvanoplastische Zwecke*) wurde Krack patentiert. Er verwendet eine Mischung von

Butter	$1^1/_2$	**Teile**
Terpentin	1	„
Mineralöl	0,5	„

und rührt Bronzepulver in die Masse ein. Diese an und für sich schon leitende Masse wird auf die zu präparierenden Gegenstände aufgestrichen (er führt Leder, Zelluloid, tierische und pflanzliche Gewebe an), getrocknet und werden diese extra noch, ähnlich wie bei der Graphitierung mit Bronzepulver glänzend gebürstet und vor dem Einhängen in das Bad in bekannter Weise mit Spiritus übergossen.

Die chemischen Metallisierungsverfahren. Die chemischen Metallisierungsverfahren bezwecken im Gegensatz zum Graphitierungsprozeß, direkt eine leitende Metallhaut auf den Nichtleitern niederzuschlagen, und heute werden bereits alle erdenklichen Gegenstände galvanoplastisch mit Metall überzogen, welche vorher auf chemischem Wege leitend gemacht wurden.

Selbst Holz kann man auf diese Weise verkupfern und vernickeln. Parkes**) verfährt hierzu in folgender Weise:

Zur Erzielung eines leitenden Untergrundes werden die zu überziehenden Gegenstände zunächst in ein Bad getaucht, welches aus einer Lösung von 1,5 g Kautschuk und 4 g Wachs in 10 g Schwefelkohlenstoff besteht, welche mit einer Lösung von 5 g Phosphor in 60 g Schwefelkohlenstoff mit 5 g Terpentin und 4 g gepulvertem Asphalt vermischt ist. Dann kommen sie nach dem Trocknen in eine Lösung von 2 g Silbernitrat in 600 g Wasser, bis ihre Oberfläche eine dunkle Metallfarbe annimmt, sie werden nun mit Wasser gewaschen und schließlich in eine Lösung von 10 g Goldchlorid in 600 g Wasser gebracht, worin sie sich bräunlich färben; sie sind dann für jeden galvanoplastischen Überzug vorbereitet. Langbein empfiehlt, die Gegenstände zunächst in eine jodkaliumhaltige Lösung

*) D. R. P. Nr. 122664 vom 26. April 1900. Z. f. E. VIII, 107.
**) Z. f. E. III, 174.

von Kollodium in Äther und dann bei Lichtabschluß in eine Silbernitratlösung einzutauchen, bis sie sich gelblich färben. Nun werden sie gewaschen, eine Zeitlang dem Lichte ausgesetzt, dann auf elektrolytischem Wege mit einer als Untergrund dienenden Kupferschicht versehen und schließlich ins Nickelbad gebracht. Chirurgische Gerätschaften kann man auch durch Eintauchen in eine ätherische Paraffin- oder Wachslösung und darauffolgende Bestäubung mit Graphit- oder Bronzepulver leitend machen.*)

Am häufigsten wird die Metallisierung durch Silber, bzw. durch Jodsilber ausgeführt.

Heeren bildet eine Schwefelsilberschicht dadurch, daß er die Matrize mit einer Lösung von

Silbernitrat	**100 g**
Wasser	**200 g**
Ammoniak	**250 g**
Alkohol	**300 g**

befeuchtet und in einem geschlossenen Kasten Schwefelwasserstoffdämpfe auf die solcherart befeuchteten Objekte einwirken läßt. Die Objekte werden dann sauber abgespült und sind zum Einhängen fertig.

Brandely gibt speziell für Gipsformen folgende Vorschriften: Zuvörderst taucht man die aus Gips gefertigten Formen in ein Bad von weißem oder gelbem Wachs, um den Gips weniger porös zu machen.

Man läßt die Formen in dem Wachsbade liegen, bis sie die Temperatur desselben angenommen haben, nimmt sie mit Pinzetten, die ganz trocken sein müssen, heraus, läßt das überflüssige Wachs abtröpfeln und dann die Form erkalten.

Nun bereitet man eine Lösung von

250 g möglichst weißem Phosphor in
1 kg Schwefelkohlenstoff.

Man braucht nur den Phosphor in die Flüssigkeit einzumengen und zu schütteln, dann löst sich derselbe sehr bald vollständig auf. Man löst dann 200 g Silbernitrat in 1 Liter Wasser auf.

*) L'Electricien XII. 1896, 208.

Diese beiden Flüssigkeiten, die Phosphor- und die Silberlösung, gießt man je in ein passendes Gefäß, etwa eine Porzellanschale. Nun taucht man die an einem Kupferdrahte oder besser an einem Silber-, Gold- oder Platindrahte befestigten, zu metallisierenden Stücke in die Phosphorlösung, läßt abtropfen und legt sie mit der verzierten Seite nach oben auf ein Stück Schwarz- oder Zinkblech. Sobald der Schwefelkohlenstoff verdampft ist und Phosphordämpfe sich zu entwickeln anfangen, muß man die Stücke in das salpetersaure Silber tauchen, jedoch nicht eher, bis die erhabenen Stellen sowohl als die vertieften völlig trocken geworden sind. Mit einem feinen Dachshaarpinsel verreibt man die silberhaltige Flüssigkeit auf der Form in alle vertieften Stellen, so daß kein einziger Punkt unbedeckt bleibt; denn sonst zeigen sich an den entsprechenden Stellen des Abdrucks kleine Löcher.

Ist die Form überall mit Silberlösung benetzt, so nimmt man sie heraus, läßt sie abtropfen und hängt sie an einer passenden, vor Staub geschützten Stelle an dem kupfernen Leitungsdrahte auf. Das Silber wird sehr bald reduziert; sobald reine Farbe erscheint, ist der richtige Zeitpunkt gekommen, das Stück in das Niederschlagbassin zu bringen und der Einwirkung des Stromes zu unterwerfen.

Nach vollendeter Arbeit gießt man die phosphorhaltige Flüssigkeit vorsichtig in eine Flasche mit eingeriebenem Glasstöpsel. Zum Arbeiten mit dieser Lösung nehme man wegen der leichten Entzündbarkeit stets nur Tische, die mit Zinkblech belegt sind, und hüte sich, daß ein Tropfen auf die Kleider falle.

Eine direkte Versilberung der Formen erzielt man nach folgender Vorschrift. Man bereite sich zwei Lösungen, und zwar:

I. { **1 Gewichtsteil Silbernitrat,**
8 Gewichtsteile Wasser.

II. { **0,8 Gewichtsteile Seignettesalz,**
385 Gewichtsteile siedendes Wasser.

Lösung I wird in Lösung II gegossen, ca. 10 Minuten gekocht, erkalten gelassen und filtriert. Dies ergibt die Lösung A.

Man stellt sich nun eine Lösung B her, indem man

4 Gewichtsteile Silbernitrat in
32 Gewichtsteilen Wasser

löst und mit Salmiakgeist tropfenweise versetzt, bis der braune Niederschlag von Silberhyperoxyd eben verschwindet; dann wird mit 360 Teilen Wasser verdünnt, und man erhält so Lösung B.

Durch Zusammengießen gleicher Teile (gleicher Volumina) von A und B erhält man die Versilberungslösung. Die Lösung wird auf die zu versilbernden Stücke ausgebreitet, eventuell umrahmt man flache Stücke mit Glaserkitt und schichtet ca. 1 cm hoch von der Lösung darauf. Die Lösung soll so warm verwendet werden, als es das zu versilbernde Material nur verträgt. So kann man Glas oder Marmor mit einem glänzenden Silberspiegel überziehen, der bei größerer Dicke schwarz wird. Die Silberausscheidung wird drei- bis viermal wiederholt und man kann so eine sehr gut leitende Schicht herstellen.

Speziell für Metallüberzüge auf Gegenständen aus Holz wird nach Burges*) in folgender Weise operiert. Der Gegenstand wird kurze Zeit in heißes Paraffin getaucht, welches rasch in die Poren eindringt. Durch Einlegen in Ligroin wird das Paraffin dicht an der Oberfläche des Holzes wieder aufgelöst und die Poren daselbst werden wieder zur Wasseraufnahme befähigt. Der Gegenstand wird dann mit Kupfersulfatlösung oberflächlich getränkt und scharf getrocknet. Das in den Fasern des Holzes sitzende Kupfersulfat wird nun durch Behandlung mit Schwefelwasserstoff, letzterer entweder in Gasform oder in wässeriger Lösung, in Schwefelkupfer übergeführt, wodurch man die Oberfläche vollständig mit Schwefelkupfer überzogen hat. Das Schwefelkupfer reduziert Burges hierauf zu metallischem Kupfer, indem er in einer Chlornatriumlösung durch naszierenden Wasserstoff die Schwefelkupferelektrode kathodisch behandelt und mit einer anliegenden Drahtspirale in Windungen von 1 cm Steighöhe

*) Elect. World 1898, Bd. 32, pag. 113. — Jahrb. d. Elektrochemie Bd. V, pag. 398.

umwickelt. Die Stromdichte wird tunlichst hoch genommen und dauert der Prozeß ca. 10 Minuten. Der Gegenstand ist dann sofort zur Metallfällung in den galvanoplastischen Bädern geeignet und haften die Niederschläge sehr fest an den Gegenständen. Begreiflicherweise kommt dieses Verfahren billiger als diejenigen, welche mit Gold- oder Silberhäutchen arbeiten.

Metallisieren durch Einbrennen mit Metallen. Glas, Porzellan u. dgl. Stoffe, auf denen eine bestimmte Zeichnung in leitender Substanz erzeugt werden soll, um später gemäß dieser Zeichnung einen Niederschlag von Kupfer, Silber oder Gold in größerer Dicke zu erhalten, welcher sich auch bei intensiverem Gebrauch nicht von der Unterlage loslösen darf, werden im Muffelofen behandelt, d. h. es wird Metall in den betreffenden Gegenstand eingebrannt.

Man bereitet sich vorerst eine im Muffelofen zu reduzierende Masse aus Platinchlorid und Lavendelöl (auch Kupferchlorür kann verwendet werden), indem man beide zu einem dicken Brei in der Konsistenz von Ölfarbe auf einer mattierten Glastafel anreibt. Die Glas- oder Porzellanteile werden vorher mit Spiritus gereinigt und der Brei mit einem Pinsel in der gewünschten Zeichnung aufgetragen, trocknen gelassen und in einem Muffelofen in der Rotglut eingebrannt. Das Lavendelöl reduziert beim Verbrennen das Metallsalz und es bildet sich auf der Glasfläche eine dünne, aber ganz festsitzende Metallschicht, auf der man dann mit Leichtigkeit jeden beliebigen Metallniederschlag mittels Strom erzeugen kann. Es lassen sich auf diese Art sehr schöne Metallverzierungen auf Glasgefäßen usw. herstellen und findet man mitunter ganz feinlinige Zeichnungen auf diesem Wege in Kupfer, Nickel, Silber oder Gold galvanoplastisch aufgetragen.

Der Vollständigkeit halber sei auch des Verfahrens von Ash und Weldon (A. P. Nr. 2327 v. 1896) Erwähnung getan, womit nichtmetallische Substanzen elektrisch leitend gemacht werden können.

Cook und Parz brennen in keramische Objekte eine Metall-Emaille ein, indem sie folgende Substanzen in der verlangten Musterzeichnung nacheinander auftragen.

1. Eine Paste bestehend aus: Leim, Rapsöl, Schwefel, Mennige oder Arsenik und Trocknen dieser in der Wärme auf dem betreffenden Gegenstand.
2. Eine Paste aus kalziniertem Borax, Flintglaspulver, Zinn oder Kupferoxyd.
3. Eine Mischung, bestehend aus Goldpurpur, einem Flußmittel, Quecksilber- und Silbernitrat und Mennige. Es wird dann das Ganze eingebrannt und das in der so entstandenen Emaille fein verteilte Gold bildet, wie erwähnt, den kathodischen Träger. Für Niederschläge von Eisen, Nickel und Zinn muß die Emaille Kupfer enthalten. Für Zink muß sie eisenhaltig sein.

Exponieren der Matrizen in den Bädern. Eine große Hauptsache ist es, die leitende Verbindung zwischen der graphitierten Matrizenfläche aus nichtleitendem Material, wie Wachs u. dergl. und der äußeren Stromleitung richtig herzustellen; gewöhnlich pflegt man die Matrizen mit breiten, blanken Kupferstreifen einzuhängen, und zwar aus nicht zu dünnem Kupferblech, etwa $1/2$ mm dick, welches man am Rand in die Formmasse eindrückt, solange dieselbe noch weich ist. Der Kupferniederschlag pflegt zuerst an diesem Einhängstreifen sich anzusetzen, von da allmählich vorrückend über die ganze Fläche sich auszubreiten. War die Fläche gut graphitiert, so erfolgt diese Ausbreitung rascher, der Kupferniederschlag schließt sich auf der ganzen Fläche alsbald, während dies nur langsam Fortschritte macht, oder der Niederschlag sich gar nicht schließt, wenn die Graphitierung eine mangelhafte war. Viele Galvonplastiker pflegen den Rand der Matrize mit feinster Bleifolie zu belegen, welche sie schon beim Abformen mit aufpressen, dies aus dem Grund, um den Übergang der Stromleitung zur graphitierten Fläche zu begünstigen, oder aber aus demselben Grund einen Kupferdraht einzudrücken.

Gestattet es die Form, daß man mehrere sogenannte Kontaktdrähte, welche mit der äußeren Stromleitung in Verbindung stehen, auch in der Mitte der graphitierten Fläche ohne Schädigung des in Kupfer zu reproduzierenden Gegenstandes anbringen kann, so ist dies im Interesse des rascheren Überwachsens der Niederschläge sehr vorteilhaft.

Besonders wichtig ist es, die Stromzufuhr zu der graphitierten Fläche dem auf die graphitierte Fläche entfallenden Strom entsprechend zu dimensionieren, wenn z. B. mit dem auf Seite 679 angeführten Bad gearbeitet wird. Sind die Zuleitungen zu schwach, so geschieht es leicht, daß kleinere Formen, die im Bad hängen, mehr Strom bekommen und verbrennen, während die Arbeit an den mit schlechteren Kontakten versehenen größeren Formen zurückbleibt.

Nehmen wir an, wir haben graphitierte Formen (Matrizen) in das Galvanoplastikbad einzuhängen, wie solche in der galvanoplastischen Praxis zumeist vorkommen. Daß dieselben an ihrer für den Niederschlag bestimmten Oberfläche sehr sorgfältig übergraphitiert sein müssen, wurde bereits eingehend erklärt, davon hängt die Gleichmäßigkeit des Kupferniederschlages ab. Daß die Formen mit einer gut leitenden Einhängevorrichtung versehen sein müssen, am besten mit einem nicht zu dünnen blanken Kupferblechstreifen, der geschickt mit der Form verbunden und ebenso wie die ganze graphitierte Fläche im Interesse der guten Leitung und des möglichst gleichmäßig anwachsenden Kupferniederschlages an der Einmündungsstelle der Form mit übergraphitiert sein muß, wurde gleichfalls schon besprochen.

Unmittelbar vor dem Einhängen pflegt man die graphitierten Formen nochmals mit reinem Weingeist oder absolutem Alkohol zu übergießen, damit sie sich beim Einhängen gleichmäßig befeuchten und keine Luftblasen sich ansetzen können, der Niederschlag über die ganze Fläche ungehindert sich ausbreite, was besonders bei Matrizen mit größeren Vertiefungen oft schwer erreichbar ist. Der Weingeist hat vorwiegend den Zweck, geringe Spuren von Fett aufzunehmen, die auf den Formen stets vorhanden sind. Diese werden vom Alkohol gelöst und dadurch erreicht man, daß sich die graphitierte Fläche gleichmäßig benetze, ein Irrtum aber ist es, zu behaupten, daß eine schlechte Graphitierung durch Übergießen der Form mit Alkohol ausgeglichen wird; ungraphitierte Stellen bleiben stets offen, ebenso fette Stellen, gerade so wie Fettspuren auf zu elektroplattierenden Metallflächen das Ansetzen und Festhaften eines Metallniederschlages verhindern.

Es versteht sich von selbst, daß das Einhängen der Objekte in einer Weise bewerkstelligt werde, daß ein inniger Kontakt, eine gute elektrische Leitung mit der äußeren Stromzuleitung gesichert sei, daß also die Kupfereinhängbänder mit den meist kupfernen runden Leitungstangen (der Leitungsmontage des Bades) innig verbunden, die Kontaktflächen rein und blank seien; darauf ist um so mehr zu achten, weil wir es nicht mit gut leitenden Metallobjekten wie beim Elektroplattieren, sondern mit künstlich leitend gemachten Kathoden zu tun haben.

Unsere Wachsformen bestehen zumeist aus einem Material mit einem geringeren spezifischen Gewicht, als die ziemlich schwere, konzentrierte und mit Schwefelsäure angesäuerte Galvanoplastiklösung, sie werden in derselben dafür auch nicht untersinken, sondern schwimmend an der Oberfläche bleiben; solche Formen müssen wir auf irgend eine Art beschweren.

Deshalb hängt man Bleistücke oder Glas an die Formstücke, und zwar von entsprechender Größe und Gewicht. Selbstverständlich muß man das Bleigewicht und den Draht, womit dasselbe angehängt ist, mit isolierendem Lack überziehen, damit sich kein Niederschlag daran ansetzen kann. Überdies wird man bei solch spezifisch leichten Objekten den Leitungskontakt auf der Aufhängestelle, wo der Einhängstreifen die äußere Leitungsstange berührt, noch dadurch sichern, daß man den Aufhängstreifen mittelst einer Klemme an die Stange festschraubt.

Ältere Praktiker pflegen heute noch ihre Matrizen mit Vorliebe horizontal in das Bad einzuhängen; es ist dies zwar durchaus nicht bequem, hat aber einen nicht zu leugnenden Vorteil, nämlich den, daß die Kathode in einer gleichmäßig konzentrierten Lösungsschichte liegt und dadurch ein gleichmäßig starker Niederschlag erzielt wird. Weil aber diese Art des horizontalen Einhängens, oder richtiger gesagt, Einlegens der Kathoden wirklich sehr unbequem ist, auch andere sehr unangenehme Nachteile im Gefolge hat, so ist man ganz davon abgekommen; man hängt jetzt die Kathoden nur mehr vertikal ein, in derselben Weise wie dies beim Elektroplattieren üblich ist. Man hat nur dafür zu sorgen, daß die Lösung

auf irgend eine Weise in kontinuierlicher Bewegung erhalten werde, so daß die untere konzentrierte Schichte mit der darüber befindlichen weniger konzentrierten gut ausgetauscht werde. Es ist dies in der Galvanoplastik in weit höherem Maße zu beachten als beim Elektroplattieren, weil eben die Galvanoplastiklösung eine mit Kupfervitriol bis fast zur vollständigen Sättigung konzentrierte Salzlösung ist, bei welcher sich die Konzentrationsunterschiede zwischen den oberen und unteren Schichten viel fühlbarer machen als bei den weitaus nicht so konzentrierten Elektroplattierlösungen, bei denen man überdies nur mit kleinen Stromdichten, selten über 0,5 Amper arbeitet.

Die Bewegung der Elektrolyte. Wie im Kapitel »Theoretische Winke für den Elektroplattierer« erklärt, bedingt eine größere Stromdichte ein rascheres Abnehmen der Konzentration in der den Kathoden zunächst befindlichen Lösungsschichte. Da es sich bei der Galvanoplastik meistenteils darum handelt, starke Metallniederschläge zu erzeugen, so müssen die Matrizen oder die zu überziehenden Gegenstände oft lange Zeit im Bad hängen.

Ist der Elektrolyt in Ruhe, so wird sich bald die verschiedene Konzentration an einzelnen Stellen bemerkbar machen, die tiefer hängenden Teile werden stärker, die höher hängenden hingegen schwächer werden.

Nach dem im Kapitel »Theoretische Winke für den Elektroplattierer« Gesagten erklärt es sich auch, warum bei länger andauernden Metallabscheidungen die Struktur, das Korn des niedergeschlagenen Metalles an denjenigen Stellen, welche tiefer hängen, anders als an den im oberen Teil des Bades befindlichen ausfällt. Infolge der ungleichen Leitfähigkeit der so verschiedenen Schichten des Elektrolyten ist auch die Stromleitung verschieden. Die Stromleitung ist in den konzentrierten unteren Schichten eine bessere als in den verdünnten oberen Schichten, weil die Leitfähigkeit im allgemeinen mit steigender Konzentration zunimmt.

Daher sind auch auf ein und derselben Fläche die Stromdichten in den verschiedenen Konzentrationsschichten verschieden, wodurch auch das Korn des Niederschlages auf dieser Fläche verschieden ausfällt.

Unterschiede in dem Leitvermögen treten aber (speziell bei höheren Stromdichten) in den einzelnen Schichten auch infolge der Temperaturerhöhung des Elektrolyten ein. Die wärmeren gut leitenden Schichten steigen nach oben, und es erklärt sich daraus, daß Galvanos auf den der Badoberfläche näher gelegenen Partien oft stärker werden wie unten. Ob nun ein Galvano oben oder unten stärker wird, hängt nur von der angewandten Stromdichte ab.

Gute und gleichmäßige Niederschläge, selbst in größerer Dicke, erhält man durch Bewegung des Elektrolyten, wodurch die Konzentrationsdifferenzen ausgeglichen werden, entweder durch Rührvorrichtungen, wie etwa durch pendelartig zwischen den Elektroden schwingende Stäbe aus Glas, Hartgummi oder Holz oder durch Zirkulation des Elektrolyten, indem man die einzelnen Bäder stufenförmig übereinander anordnet, die einzelnen Bäderkästen durch Abflußrohre miteinander verbindet und den abfließenden Elektrolyten aus dem untersten Bad in einem Reservoir sammelt und ihn durch eine Druckpumpe (am besten eine Membranpumpe) in ein höher befindliches Reservoir pumpt. Der Elektrolyt macht auf diese Art einen beständigen Kreislauf und wird dadurch eine Verschiedenartigkeit der Lösungsschichten in den einzelnen Bädern verhindert.

Man bringt am besten die Ausflußöffnung der Bäder unten, die Zuflußöffnung oben an und läßt den Elektrolyten je nach der angewandten Stromdichte mehr oder minder schnell zirkulieren (etwa zwischen 10 und 100 Liter Abfluß pro Minute). Behälter, Rohrleitung und Pumpe sind aus Blei zu verfertigen.

Eine andere sehr brauchbare Methode der Bewegung des Elektrolyten ist das Durchblasen von Luft; zu diesem Zweck wird ein Bleirohr, welches mit kleinen Öffnungen versehen ist, auf einen etwa 15 cm vom Boden der Bäderkasten angebrachten Rost gelegt und durch ein kleines Gebläse Luft durchgepreßt, welche in Blasen aufsteigend, die Konzentrationsunterschiede ausgleicht. Die Form dieser mit den Öffnungen versehenen Bleirohre wird sich ganz nach der Form der Wannen richten.

Die genannten Vorrichtungen zum Bewegen der Badflüssigkeit werden namentlich dort von Vorteil sein, wo es sich um

große, tief in die Badflüssigkeit tauchende, große Niederschlagsflächen handelt.

Ist das Bad nicht sehr tief, sind die Matrizen oder sonstigen eingehängten Objekte nicht sehr groß und bleiben sie nicht länger als etwa einen Tag im Bad, so genügt der Schichtenaustausch, wie er durch die Bewegung des Bades entsteht, wenn die Objekte behufs Beobachtung des Niederschlages von Zeit zu Zeit herausgenommen oder auch ohne herauszunehmen öfter bewegt werden; selbstredend sind hierbei keine hohen Stromdichten angenommen.

Bedingung bei der Bewegung des Elektrolyten ist stets, daß das Bad ganz rein erhalten bleibe; befinden sich in der Lösung feste Partikelchen suspendiert, sei es Abfall von den Anoden, sei es Staub oder sonstige unlösliche Bestandteile, so würden diese bei der Bewegung des Elektrolyten aufgewühlt, in den Niederschlag eingeschlossen werden und dadurch dessen Homogenität alterieren. Wird eine Badzirkulation angewendet, so kann die Reinigung des Elektrolyten von festen Bestandteilen leicht durch Absetzenlassen im Sammelgefäß vollzogen werden.

Bringt man den Elektrolyt hingegen dadurch in Bewegung, daß man Luft durchbläst oder mechanische Rührvorrichtungen betätigt, so bleibt nichts anderes übrig, als von Zeit zu Zeit das Bad absetzen zu lassen und abzuhebern oder in speziellen Filtrieranlagen zu filtrieren.

Infolge der Stromlinienstreuung wachsen die Niederschläge bei längerer Expositionsdauer an den Rändern zu trauben- und knospenartigen Gebilden aus, die nicht nur die unnötige Arbeit des Zurechtschneidens erfordern, sondern auch einen nicht unbedeutenden Mehrbetrag an Kupfer ausmachen. Man umgeht solche Auswachsungen, indem man die graphitierte Schichte durch aufgestellte und durch Wachs festgekittete 2 bis 4 cm breite Streifen aus Glas oder Zelluloid abgrenzt. Man erreicht dadurch nicht bloß, daß unnötigerweise auf manchen Stellen sich Kupfer ausscheidet, sondern es wird auch der Rand gleichmäßig ausgebildet, da die Stromlinienstreuung durch Abgrenzung des Stromlinienüberganges aufgehoben wird.

Was die Stärke der galvanoplastischen Kupferniederschläge anbelangt, so ist aus nachstehender Tabelle der Einfluß der angewandten Stromdichte auf die Niederschlagstärke ersichtlich.

Angewandte Stromdichte	Niederschlagstärke in 10 Stunden	1 mm starker Niederschlag braucht rund	Gewicht eines Quadratdezimeters Kupferniederschlages in 10 Stunden
0,50 Amper	0,0664 mm	151 Stunden	5,92 g
0,75 „	0,0995 mm	101 „	8,87 g
1,00 „	0,133 mm	75 „	11,84 g
1,25 „	0,166 mm	60 „	14,80 g
1,50 „	0,199 mm	50 „	17,76 g
1,75 Amper	0,233 mm	43 Stunden	20,74 g
2,00 „	0,267 mm	37½ „	23,70 g
2,25 „	0,299 mm	33½ „	26,65 g
2,50 „	0,332 mm	30 „	29,60 g
2,75 „	0,366 mm	27½ „	32,55 g
3,00 „	0,399 mm	25 „	35,50 g
3,50 Amper	0,466 mm	21½ Stunden	41,50 g
4,00 „	0,534 mm	18¾ „	47,40 g
4,50 „	0,598 mm	16½ „	53,20 g
5,00 „	0,664 mm	15 „	59,00 g
5,50 „	0,732 mm	13½ „	65,00 g
6,00 Amper	0,798 mm	12½ Stunden	71,00 g
6,50 „	0,865 mm	11½ „	77,00 g
7,00 „	0,930 mm	10¾ „	83,00 g
7,50 „	1,000 mm	10 „	89,00 g
8,00 Amper	1,065 mm	9 Std. 20 Min.	94,50 g
8,50 „	1,128 mm	8 „ 50 „	100,50 g
9,00 „	1,200 mm	8 „ 20 „	107,00 g
9,50 „	1,260 mm	7 „ 55 „	112,50 g
10,00 „	1,330 mm	7 „ 30 „	118,00 g

Die Stromdichte, die bei Verwendung des Seite 675 angegebenen Bades bei ruhigem Elektrolyten bei 2,5 Amper bereits anfängt, einen lockeren, brüchigen, dunkel gefärbten Niederschlag zu erzeugen, gibt bei Anwendung von Zirku-

lation des Elektrolyten noch bei 3, selbst 4 A feste Niederschläge, und es ist daraus der Vorteil der Zirkulation der Lösung wohl am besten zu ersehen.

Den ersten Niederschlag, speziell auf graphitierten Formen muß man stets langsam vor sich gehen lassen, besonders dann, wenn es sich um Schriftsatz-Formen handelt. Würde man in solchem Falle mit zu starkem Strome decken, dann könnte es nur zu leicht vorkommen, daß in den kleinen Vertiefungen der Kupferniederschlag nicht wächst, so daß schließlich der Niederschlag löcherig erscheint. Es liegt dies in der Natur des sauren Kupferbades und es wäre einem dringenden Bedürfnis abgeholfen, wenn es gelänge, das Kupfergalvanoplastikbad so abzuändern, daß trotz Anwendung hoher Stromdichten eine erhöhte Stromlinienstreuung bezw. ein besseres Arbeiten in die Tiefe erreicht würde.

Für Karten-, Illustrationsdruck u. ä. arbeitete man bisher mit Stromdichten von 1,25 bis 1,5 A, hingegen für Banknotendruck u. ä. Zweige, wo man ein zähes Kupfer von feinem Korn wünscht, mit Stromdichten von 0,75 A.

Ganz anders gestalten sich die Verhältnisse, wenn man das Bad Seite 679 verwendet. Man arbeitet dann so, daß man mit kleinerer Stromdichte deckt, um die äußerste Schicht möglichst scharf auszubilden, und vermehrt dann die Stromdichte im Einklang mit der Zirkulation des Elektrolyten (siehe die Tabellen Seite 676 und 679).

Ähnlich, wie wir dies bei der Elektroplattierung im Kapitel „Theoretische Winke für den Elektroplattierer“ erfahren haben, ist auch hier die Elektrodenentfernung von Einfluß, gerade dann, wenn tiefere Formen verwendet werden; je größere Unterschiede in den Profilverhältnissen der Form obwalten, um so weiter muß die Form von den Anoden weggehängt werden, wenn der Kupferniederschlag überall gleich stark ausfallen soll.

Es ist unbedingt notwendig, der Bemessung der Aufhängedrähte besondere Aufmerksamkeit zu widmen, besonders bei Betrieb mit höheren Stromdichten. Die Stromstärke verteilt sich ja in einem Bad umgekehrt proportional den einzelnen Widerständen, der Stromlinienübergang wird daher dort am

dichtesten stattfinden, wo der Leitungswiderstand am kleinsten ist, das heißt auf die Flächeneinheit der Kathode bezogen, die Stromdichte ist dort am größten, wo der beste Kontakt der Form mit der Kathoden-(Waren)-Leitung vorhanden ist. Aus diesem Grund überkupfern auch Metallmatrizen, welche mit Guttaperchamatrizen zusammen in einem Bad eingehängt sind, schneller als letztere, die Guttaperchamatrizen haben oft nur einen ganz schwachen Belag, während die Metallmatrizen sehr stark, mitunter sogar verbrannt sind. Man kann dem leicht dadurch abhelfen, daß man die Metallmatrizen auf eine separate, von der Anodenleitung weiter entfernte Warenleitung einhängt, die Guttaperchamatrizen näher hängt.

Am sichersten arbeitet man aber, wenn man die Stromzuleitungen entsprechend stark dimensioniert und für einen tadellosen Aufhängekontakt sorgt.

Behandlung der verschiedenen Objekte der Kupfergalvanoplastik. Sind die Objekte nur auf einer Seite mit Kupfer zu überziehen, so trifft man beim Einhängen der Matrizen in die Bäder die Anordnung so, daß deren Rückseiten, welche also keinen Kupferniederschlag erhalten sollen, nach außen gewendet, nur die graphitierten Flächen den Anoden zugekehrt werden. Die für den Buchdruck bestimmten Objekte, welche auf galvanoplastischem Weg dargestellt werden, wie Klischees, Schriftsätze u. ä., werden, nachdem der Kupferniederschlag die gewünschte Stärke erreicht hat, von der Form abgenommen; sie lassen sich leicht abheben, wenn man den äußersten Rand des Niederschlages durchschneidet. Dieselben werden für den Gebrauch noch verstärkt, das heißt auf der Rückseite mit einer Legierung von

Blei	18 Teilen
Zinn	1 Teil
Antimon	1 „

ausgegossen, nachdem die Kupferfläche vorher gereinigt, mit säurefreiem Lötwasser eingerieben wurde, damit diese Legierung gut hafte, schließlich abgehobelt (egalisiert) auf Holzklötze befestigt, um als Klischee in den Buchdrucksatz eingefügt zu werden.

Sind die galvanoplastisch angefertigten Objekte für weitere Verarbeitung bestimmt, wie Reproduktionen von Kunstgegenständen, Antiquitäten, Auflagen für die Fabrikate der Lederwarenindustrie usw., so muß man die anhaftenden Unreinheiten (Graphit, Formmasse etc.) entfernen, entweder durch Ausglühen, wenn der Gegenstand dies verträgt, oder heikle, delikate Objekte, deren feine Details leiden könnten, durch Abbürsten mit Spiritus, Terpentingeist oder Benzin.

Will man Eisen, Stahl, Gußeisen oder Zink, welche, von der sauren Kupferlösung angegriffen oder gar aufgelöst würden, galvanoplastisch überkupfern, oder Zinn, Britannia u. dgl., welche allerdings von der Lösung nicht zerstört werden, sich aber mit einem schwarzen, pulverigen, nicht haftenden, unbrauchbaren Kupferniederschlag überkupfern, so muß man diese vorher gegen die Einwirkung der Badlösung indifferent machen. Dies geschieht entweder durch Decken mit fettem Lack und Graphitieren der Oberfläche, um darauf einen Niederschlag zu erzielen, oder auf die Weise, daß man die Objekte vorher im Cyankupferbade sehr solid überkupfert. Im letzteren Fall wird der auf die Verkupferung erfolgende Kupferüberzug ziemlich festhaftend mit dem Grundmetall zusammenwachsen, während im ersteren Fall begreiflicherweise der Gegenstand in den Kupferüberzug nur eingehüllt wird, die Lackschichte dazwischenliegt.

Kupfer, Messing u. ä. Legierungen können direkt mit einem galvanoplastischen Kupferüberzug versehen werden, weil die saure Kupferlösung auf diese Metalle nicht reagiert, der Niederschlag wird auf dem dekapierten Metall ganz gut haften.

Die Überkupferung solcher Metallobjekte wird in der Bronzewarenindustrie angewendet, wenn es sich darum handelt, einen besonders schönen Mattgrund zu erzielen, wie z. B. für Militärembleme, Uniformknöpfe, Säbelgriffe und viele Gegenstände der Kunstbronze-Industrie, die meist vergoldet, versilbert oder vernickelt werden. Es wurde schon Seite 310 erwähnt, daß der mittelst eines galvanoplastischen Überzuges erzielte Mattgrund besonders schön und effektvoll aussieht, wohl auch viel bequemer zu erzielen ist, als durch die übrigen

Mattiermethoden, deren Durchführung etwas umständlich ist, auch größere Einrichtungen erfordert.

Der auf galvanoplastischem Weg dargestellte Mattgrund hat auch noch den Vorteil, daß im Fall eines Mißlingens der weiteren Elektroplattierung der Fehler leicht wieder gutgemacht werden kann, indem man die fertig vergoldete, versilberte oder vernickelte Ware einfach nochmals in das Plastikbad bringt und neuerlich einen matten Kupferniederschlag aufsetzt.

Metallisieren der Holzhefte chirurgischer Instrumente. Man verfährt hierbei auf folgende Art: Die Hefte werden in Wasser gelegt, damit sie sich darin vollsaugen, dann trocken abgerieben, mit Damarlack überzogen und nun gut graphitiert; man verhindert dadurch, daß die Hefte erst im sauren Kupferplastikbad anschwellen, wodurch der erste dünne Niederschlag, wenn die Graphitierung auf dem Holz direkt ausgeführt worden wäre, platzen könnte. Recht praktisch erweist sich auch ein Auskochen der Holzhefte in heißem Paraffin und nachheriges Graphitieren.

Der Griff ist bis an die Klinge zu graphitieren, so daß der Graphit mit dem Stahl in leitender Verbindung steht. Man befestigt nun den Einhängdraht an der Klinge und hängt das Instrument mit dem Griff nach unten so tief in das cyankalische Kupferbad, daß auch der Stahl etwa 1 cm tief eintaucht.

Man läßt die Instrumente so lange im Bad, bis der eingetauchte Teil der Klinge leicht, aber doch durchaus verkupfert ist. Nun werden die Gegenstände herausgenommen, abgespült und in das saure Kupferplastikbad gebracht. Man taucht die Objekte so tief ein, daß die Lösung nur mit dem Teil der Klinge in Berührung kommt, welcher bereits verkupfert ist. Man läßt also den verkupferten Teil der Klinge etwa 5 mm aus dem Bad herausragen, wodurch man verhindert, daß der Stahl angegriffen werde.

Auf diese Art erzielt man auch ein festes Haften, ein inniges Verwachsen des Kupferniederschlages mit dem Stahl, so daß beim nachherigen Abschleifen der Kupferschichte, der Übergang vom Stahl zum Holzheft kaum wahrnehmbar ist, beim nachherigen Vernickeln dagegen ganz verschwindet.

Während man anfänglich mit 1 V Badspannung arbeitete, verwendet man zum Verstärken des Niederschlages 1,5 bis 2 V, alles bei einer Elektrodenentfernung von 15 cm gerechnet.

Nachdem die Hefte etwa 24 Stunden im Bad waren, werden sie herausgenommen, überfeilt, um den warzigen Niederschlag zu glätten, hierauf nochmals eingehängt und mit schwachem Strom etwa 10 Stunden im Bade belassen.

Ein neues Verfahren eigener Art, das aber mit der Elektrolyse nichts gemein hat, Metallisierungen nicht metallischer Körper auszuführen, wurde kürzlich durch Schoop publiziert. Schoop bläst einen dünnen Strahl geschmolzenen Metalles durch eine Düse und zerstäubt das Metall durch Gasströme von 20 bis 30 Atm. Druck zu heißen Metallnebeln. Durch die Expansion der verwendeten komprimierten Gase (Wasserstoff, Stickstoff u. dgl.) kühlen diese ab und mit ihnen auch die Metallnebel, so daß die Temperatur dieser feinst verteilten Metallteilchen beim Auftreffen auf den zu metallisierenden Gegenstand nur etwa 60° C beträgt, so daß man auf diese Weise Holz, Glas, selbst Papier metallisieren kann. Soweit Verfasser über diese Methode orientiert ist, wird z. Zt. nur Blei und Zinn, höchstenfalls auch Zink verwendet und kann das Verfahren vermutlich technische Bedeutung insofern gewinnen, als man z. B. die Hefte chirurgischer Instrumente mit einem dünnen Zinniederschlag versieht und diesen in beschriebener Weise schleift, poliert und vernickelt. Natürlich eröffnen sich diesem Verfahren, wenn es verläßlich zu arbeiten gestattet, mancherlei andere Verwendungsgebiete. Das wird ja die Zukunft lehren.

Silbergalvanoplastik.

Ebenso wie Kupfer läßt sich auch Silber in stärkeren Schichten abscheiden, und wir haben bereits in der Gewichtsversilberung davon gesprochen.

Die immer mehr fortschreitende Verbreitung und Anwendung der Silbergalvanoplastik zeugt dafür, daß die bestehenden Verfahren brauchbar sind, und es sei ebenso

wie bei der Kupferplastik nur ein, jedoch allen Anforderungen genügendes Silberplastikbad angeführt.

Wasser	1 l
Feinsilber als Cyansilber	50 g
Cyankalium 100 %	150 g

Stromdichte:	Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung:	Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung:
0,2 Amper	0,168 Volt	0,055 Volt
0,3 „	0,268 „	0,088 „
0,4 „	0,358 „	0,119 „
0,5 „	0,446 „	0,149 „

Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: 11,5° Bé
Spez. Badwiderstand: 0,595 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0128
Stromausbeute: 100 %.

Die Bereitung des Bades erfolgt ähnlich, wie Seite 491 angegeben.

Als Anoden verwende man ausschließlich Feinsilberplatten von genügender Stärke, die mit Silberstreifen versehen sind, mittelst deren sie an den Anodenstangen befestigt werden. Die Anoden zeigen während des Prozesses ein mattweißes Aussehen, was durch den großen Cyankaliumgehalt des Bades erklärlich ist. Sollte durch unnötiges Nachsetzen von Cyankalium der Cyangehalt des Bades zu groß geworden sein, so sättigt man entsprechend mit Cyansilber nach.

Formen für die Silbergalvanoplastik. Die Herstellung der Formen erfolgt ganz nach den im Kapitel »Kupfergalvanoplastik« besprochenen Grundsätzen. Verfasser bemerkt bloß, daß Formen aus Wachs nicht gut verwendbar sind, da diese von der cyankaliumhaltigen Lösung angegriffen, das Bad dadurch verunreinigt würde. Reine Guttapercha kann man unbeschadet verwenden; die Formen werden sorgfältig graphitiert, Formen mit tiefen Stellen vor dem Einhängen noch mit

reinem, absolutem Alkohol übergossen, damit die Löcher, die durch zurückbleibende Luftblasen entstehen, vermieden werden.

Eine sehr gute Methode zur Herstellung von Formen für die Galvanoplastik in Silber besteht darin, sich eine Mischung aus Guttapercha mit Schuppengraphit herzustellen. Diese Formen erfordern keine besondere Aufmerksamkeit beim Leitendmachen, und gehen solche Formen rasch zu, was für die Herstellung scharfer Abzüge in Silber nötig ist, da sich mit der Zeit, wenn auch nicht viel, doch immer etwas von der Guttapercha im cyankalischen Bade löst.

Formen aus Metall wären am geeignetsten, weil das Bad jedenfalls am längsten rein und funktionsfähig erhalten wird, doch ist dies begreiflicherweise nicht immer möglich.

Wenn das in Silber zu reproduzierende Original geeignet ist, den Druck auszuhalten, welchen das Abformen unter der Presse verursacht, so ist folgende Methode der Leitendmachung der Form sehr zweckmäßig: Das Original wird mit feinster Folie aus Blei, Silber oder Gold belegt, so vorgerichtet mit der Formmasse unter die Presse gebracht und abgeformt. Beim Abnehmen des Originales wird die Folie auf der Matrize haften bleiben, einen gutleitenden Grund bilden, worauf sich das Silber ohne Schwierigkeit niederschlagen läßt.

Flache Objekte mit geringen Unebenheiten formt man am besten in Blei, Zinn oder Darcetmetall ab; auf diese Formen schlägt sich das Silber direkt nieder, ohne zu haften, der Niederschlag ist also wieder leicht abnehmbar. Vielfach wird folgende Abformmethode ausführbar sein: Man stellt sich von dem in Silber abzuformenden Gegenstand im sauren Kupferbad ein kupfernes Negativ her, versilbert die Formfläche schwach, jodiert mit einer alkoholischen Jodlösung, versieht die Rückseite mit einem nichtleitenden Überzug (Kollodium) und schlägt auf der jodierten Fläche das Silber galvanoplastisch nieder. Der Niederschlag läßt sich leicht davon ablösen. Die Herstellung solcher Metallnegative kann selbstredend nur für solche Objekte rationell Anwendung finden, von denen eine größere Anzahl Abdrücke zu machen sind.

Man achte darauf, daß das Bad in der ursprünglichen Konzentration, namentlich aber der ursprüngliche Metallgehalt

erhalten bleibe. Wie bei jedem Bad, in welchem Gegenstände behufs starker Niederschläge lange Zeit eingehängt werden, ist auch beim Silberplastikbad dafür zu sorgen, daß in der Nähe der Kathoden stets Schichten mit genügendem Metallgehalt sich vorfinden. Wir haben zu diesem Zweck für die Silbergalvanoplastik bereits ein Bad gewählt, das einen großen Metallgehalt hat, man kann aber selbstredend mit Vorteil eine Rührvorrichtung anbringen, um einen ununterbrochenen steten Schichtenaustausch zu bewerkstelligen.

Stromverhältnisse bei Ausführung der Silbergalvanoplastik. Im allgemeinen arbeitet man mit einer Stromdichte von 0,3 Amper bei den aus der Tabelle Seite 742 ersichtlichen Badspannungen. Der Niederschlag bildet sich ziemlich rasch, wie aus nachfolgender Tabelle ersichtlich ist.

Angewandte Stromdichte	Niederschlagstärke in 10 Stunden	1 mm starker Niederschlag braucht rund	Gewicht eines Quadratdezimeters Silberniederschlages in 10 Stunden
0,2 Amper	0,077 mm	130 Stunden	8,05 g
0,3 „	0,115 mm	87 „	12,10 g
0,4 „	0,153 mm	65,5 „	16,10 g
0,5 „	0,192 mm	52 „	20,10 g

Mit Hilfe der bei dem Silberplastikbad angegebenen Stromdaten sowie der hier gegebenen Gewichts- und Niederschlagsverhältnisse wird der Praktiker sich leicht die Kosten und Zeitdauer für einen Silberniederschlag entsprechender Stärke und Gewichtes kalkulieren können.

Verwendet er schließlich die für derartige Anlagen zum Bedürfnis gewordene voltametrische Wage, so ist er mit allen Hilfsmitteln ausgerüstet, um rationell arbeiten zu können.

Die fertigen Niederschläge pflegt man auszuglühen, um dem bekannten Übelstand des Vergilbens des Silbers vorzubeugen, schließlich blank zu kratzen und je nach Wunsch zu vergolden, selbst auch nochmals zu versilbern, um einen brillanten Silbereffekt des fertigen Objektes zu erzielen.

Es wurde beobachtet, daß der Silberniederschlag, wenn er aus einem mit Chlorsilber angesetzten Bade hergestellt wurde, beim Glühen leicht Blasen bildet und außerdem von graphitierten Formen leicht aufsteigt. Es läßt dies vermuten, daß auf graphitierten Kathoden das Silber aus Chlorsilberbädern mit einem nennenswerten Gehalt an Wasserstoff abgeschieden wird, der einerseits dem Silber die Tendenz zum Rollen erteilt, anderseits beim Glühen der Niederschläge entweicht und das dann weich gewordene Silber blasig macht.

Oft ist es wünschenswert, daß der in Silber dargestellte oder auch nur versilberte Gegenstand, namentlich figurale Objekte, nicht den reinweißen Silbercharakter, sondern eine ganz leichte Tönung zeigen soll, wie ein Anflug von Oxyd, der Ton aber so sanft, daß man ihn nur wahrnimmt, wenn man reines Silber dagegen hält. Das ist ein sehr hübscher Effekt, den man dadurch erreicht, daß man den vorher wohlgereinigten Plastikniederschlag nachträglich verantimoniert. Hierüber siehe Seite 615.

Die Dekoration von Reproduktionen antiker Schmuckgegenstände u. ä. mit einem Anflug von Oxyd, um denselben gänzlich das Aussehen antiker Objekte zu verleihen, geschieht in der beim »Versilbern« angegebenen Weise nach dem Verfahren: »Altsilber« oder »Oxydierung auf Silber«. Hierbei ist natürlich der künstlerischen Auffassung jedes einzelnen der erforderliche Spielraum gelassen.

Goldgalvanoplastik.

Diese Art der Plastik findet als solche nur in ganz vereinzelten Fällen Verwendung, und gewöhnlich handelt es sich auch da nur um kleinere Objekte. Was die Herstellung der Formen anbelangt, so gilt das bei der Silbergalvanoplastik Gesagte auch hier.

Als Bad empfiehlt Verfasser folgende, ebenfalls sehr metallreiche Lösung:

Wasser	1 l
Feingold als Chlorgold	30 g
Cyankalium 100 % reinste Sorte	100 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . . **0,5 Volt**
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung
der Elektrodenentfernung . . . . **0,05 Volt**
Stromdichte . . . . **0,1 Amper**
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: 11° Bé
Spez. Badwiderstand: 0,71 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0132
Stromausbeute: 99 %
Theoretische Niederschlagsmenge per Amperstunde: 3,68 g.

Die Bereitung des Bades ist nach Seite 540 auszuführen. Als Anoden sind Bleche aus Feingold auf entsprechend starken Platindrähten einzuhängen, die Bleche möglichst in der Größe der eingehängten Kathode.

Der Niederschlag wächst ziemlich rasch an; auf 1 qdm berechnet, ergeben sich folgende Zahlen:

Bei der angegebenen Stromdichte von 0,1 Amper pro 1 qdm ist der Niederschlag in zehn Stunden 0,0192 mm, braucht daher, um eine Stärke von 1 mm zu erreichen, rund 521 Stunden. Man wird selten bis zu solcher Stärke gehen, vielmehr folgende billigere Methode einschlagen:

Man läßt die Form ungefähr zehn Stunden im Goldplastikbad, registriert mit Hilfe der Roseleurschen Wage die abgeschiedene Menge Goldes, nimmt die Form aus dem Bad, spült in reinem Wasser ab (das Waschwasser ist aufzubewahren, da der Goldgehalt nach der Seite 560 angegebenen Methode daraus wiederzugewinnen ist) und bringt sie in das Silber-, eventuell Kupferplastikbad, worin bis zur gewünschten Dicke verstärkt wird.

Selbstredend wird man die Form nur so weit leitend machen, als der Goldniederschlag reichen soll, um möglichst an Gold zu sparen. Zu diesem Zweck überpinselt man mit Hilfe eines feinen Marderhaarpinsels sorgfältig diejenigen Partien der Form mit Kollodium, welche ohne Goldniederschlag bleiben sollen. Der plastische Goldniederschlag läßt sich von der Form leicht loslösen, wird gereinigt, von anhaftenden Partikeln des Formmaterials befreit, in Benzin entfettet und durch leichte Vergoldung in einem gewöhnlichen Goldbade brillantiert.

Eisengalvanoplastik.

Der zarte sanfte Matteffekt des Eisenniederschlages ist in der Kunstmetallindustrie für manche Artikel sehr erwünscht, wird aber leider nur selten in Anwendung gebracht. Eine weit größere Verwendung findet die Galvanoplastik in Eisen, auch »Stahlplastik« genannt, zur Herstellung von Druckplatten, welche widerstandsfähiger und dauerhafter als die Kupferdruckplatten sein sollen; aber auch andere Objekte zum Stanzen und Ziehen etc., die bislang mühsam aus Stahl gearbeitet wurden, kann man heute, da man über gute Verfahren verfügt, auf galvanoplastischem Wege in Eisen herstellen und die Niederschläge eventuell noch auf bekannte Art und Weise härten, d. h. ihre Oberfläche durch Kohlenstoffaufnahme in Stahl überführen.

Die große Widerstandsfähigkeit solcher Eisenniederschläge schreibt man einem Gehalt an Eisenhydrür (FeH_2) zu, welches bei der Elektrolyse der Eisensalzlösungen gebildet wird, dem Niederschlag die große Härte verleiht, weshalb man diesem Verfahren den Namen »Stahlplastik« gegeben hat.

Die Manipulation ist die gleiche, wie wir sie bei der Kupferplastik kennen gelernt haben; die Herstellung der Formen geschieht zumeist auf galvanoplastischem Wege in Kupfer.

Die Kupfermatrizen werden versilbert, jodiert, zumeist mit Wachs hintergossen und kommen in das Eisenplastikbad von folgender Zusammensetzung:

I.	**Wasser**	1 l
	Eisenammonsulfat	150 g
	Chlorammon	75 g
	Natriumcitrat	3 g

Badspannung bei 15 cm Elektrodenentfernung . . . 0,45 Volt
Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung . . . . 0,02 Volt
Stromdichte . . . . 0,1 Amper
Badtemperatur: 15—20° C
Konzentration: $12^1/_2$° Bé

Spez. Badwiderstand: 0,39 Ω
Temperaturkoeffizient: 0,0204
Stromausbeute: 76,5 %.

Die Bereitung des Bades erfolgt durch kaltes Auflösen beider Salze in dem entsprechenden Wasserquantum, gleich in der für das Bad bestimmten Wanne.

Als Wanne nehme man Holz- oder Steinzeugwannen von solcher Tiefe, daß Schmutz und Schlamm von den Kathoden ferngehalten werden, wenn sich solche am Boden in größerer Menge angesammelt haben sollten.

Als Anoden verwende man möglichst große Platten aus reinem Schmiedeeisen, die man vorher mit Sand gescheuert hat.

Ebenso wie bei den Nickelbädern ist es auch hier beim Eisen von ganz enormer Wichtigkeit, dafür zu sorgen, daß das Bad nicht schwefelsauer werde, was namentlich durch Anwendung zu hoher Anodenstromdichten, also zu kleine Anodenflächen verursacht wird. Ist ein Eisenbad schwefelsauer geworden (Probe mit Kongopapier), so ist sofort mit Ammoniak bis zur Neutralisation abzustumpfen, um ein Abblättern des Niederschlages zu vermeiden.

Die Einhängdauer richtet sich ganz nach der gewünschten, zu erreichenden Niederschlagsstärke. Wir lassen auch hier wieder einige Zahlen folgen, aus denen diese Verhältnisse zu ersehen sind.

Bei einer Stromdichte von 0,1 Amper erreicht der Niederschlag in zehn Stunden eine Stärke von 0,0102 mm. Um die Stärke von 1 mm zu erreichen, ist eine Einhängdauer von 980 Stunden erforderlich.

Gewöhnlich werden die Eisenniederschläge im Eisenplastikbad bis zu ungefähr 0,05 mm ausgeführt, was in ungefähr fünf Tagen bewerkstelltgt werden kann (Tag- und Nachtbetrieb vorausgesetzt), die Galvanos werden dann im cankalischen Kupferbad gedeckt, im sauren Kupferplastikbad verstärkt und fertiggestellt.

Über Verstählung von Druckplatten siehe das betreffende Kapitel in der Elektroplattierung.

Die Herstellung von Eisenniederschlägen auf galvanoplastischem Wege in größerer Dicke und in kurzer Zeit be-

gegnete bis vor kurzem bekanntermaßen großen Schwierigkeiten infolge der eingangs erwähnten Bildung von Legierungen zwischen Eisen und Wasserstoff. Viele Forscher haben sich mit dem Problem befaßt, diese Legierungsbildung zu vermeiden, und es ist bis vor kurzer Zeit nur nach dem Kleinschen Verfahren möglich gewesen, Eisenniederschläge herzustellen, die nicht aufrollten, auch wenn sie zu größerer Dicke getrieben wurden. Dieses Kleinsche Bad wird wie folgt zusammengesetzt:

II.	**Wasser**	1 l
	Eisensulfat	280 g
	Magnesiumsulfat	250 g

Die günstigste Badspannung ist 0,5 Volt bei einer Elektrodenentfernung von 15 cm. Die dabei resultierende Stromdichte ist ca. 0,3 Amper. Beim Ansetzen des Bades sind gewisse kleine technische Vorteile zu beachten, und es hängt auch ganz wesentlich von der Betriebsführung ab, dauernd die erzielbaren guten Resultate zu erhalten.

Verfasser hat dieses Bad nach jeder Richtung hin einer eingehenden Untersuchung unterzogen, da die elektrolytische Abscheidung wirklich reinen Eisens bisher sehr stiefmütterlich bedacht wurde, trotzdem zu erwarten stand, daß wirklich reines Eisen ganz hervorragende Eigenschaften besitzen müsse. Wir finden in der Z. f. E. Band 11 pag. 52ff. eine ausführliche Beschreibung über das in der St. Petersburger Druckerei für Anfertigung russischer Wertpapiere verwendete Kleinsche »Stahlbad« und schreibt der Autor dieses Artikels, Herr Maximowitsch, dem durch die Betriebsführung mit diesem Bade sich stets aufs neue bildenden Ferrobikarbonat die Wirkung zu, duktiles Eisen bei der Elektrolyse zu geben. Stellt man sich aber Ferrobikarbonat in größeren Mengen her und verwendet solches als Elektrolyt neben den anderen im Kleinschen Bade enthalten Salzen, so kann man niemals duktiles Elektrolyteisen erhalten. Der Grund, warum aus dem nach bestimmten Gesichtspunkten angesetzten und später behandelten Eisenbad nach Kleins Vorschrift duktiles Eisen erhalten werden kann, liegt nach Ansicht des Verfassers vielmehr darin, daß in diesem

Bade der Überspannung*) Rechnung getragen wird, so daß sich die Wasserstoffblasen mit Leichtigkeit entwickeln können, während der Wasserstoff bei anderen gebräuchlichen kalten Bädern, die sonst in der Galvanoplastik angewendet werden, gar nicht bis zur molekularen Abscheidung in Gasform gelangen konnte, sondern mit dem sich abscheidenden Eisen zusammen ausfiel, sich damit legierte oder, wie man zu sagen pflegt, »das ausfallende Eisen nahm Wasserstoff auf«.

Prof. D. Franz Fischer in Berlin ist es nun kürzlich geglückt, auf elektrolytischem Wege Eisen in ganz ungeahnter Reinheit in duktiler Form abzuscheiden, und basiert darauf das diesbezügliche Patent der Langbein-Pfanhauser-Werke Akt.-Ges.

Die Verwendung reiner Eisenchlorürlösungen ist nach dem D. R. P. 126839 der Firma E. Merck, Darmstadt, patentiert worden. Ganz abesehen von dem bedeutenderen Wasserverbrauch des Merkschen Eisenbades zur erforderlichen Abscheidung von z. B. 1 kg Eisen gegenüber dem Bade nach Fischer weist das nach dem Fischerschen Verfahren gewonnene Elektrolyteisen die bisher höchst erreichte Reinheit auf.

Die Analyse**) dieses Eisens ergab folende Resultate:

Eisen	99,99 %
Kohlenstoff	0,000 %
Silicium	0,000 %
Schwefel	0,007 %
Phosphor	0,004 %
Mangan	0,000 %
Kupfer	0,000 %

Zudem zeichnet sich das Verfahren nach obigem Patente durch den ganz besonderen Vorteil aus, daß es möglich ist, bei kleinster Badspannung schon mit ganz bedeutenden Stromdichten zu arbeiten, und zwar wurden versuchsweise Stromdichten von über 2500 Amper per Quadratmeter in den Versuchsbädern der Langbein-Pfanhauser-Werke A.-G. an-

*) Die Erklärung dieses Ausdrucks würde hier zu weit führen, und versagt sich Verfasser ein Eingehen auf diesen Gegenstand.

**) Ausgeführt von Dr. Kröhnke, Berlin 1. V. 1909.

gewendet, ohne daß das Elektrolyteisen eine Tendenz zeigte, die kohärente Beschaffenheit seiner Stuktur zu verlassen.

Aber auch die Tatsache ist bemerkenswert, daß trotz Anwendung höchster Stromdichten eine nur unwesentliche Knospenbildung an den Rändern der Kathoden zu beobachten ist.

Dieses Elektrolyteisen besitzt ferner die hervorragende Eigenschaft, nur einen verhältnismäßig geringen Gehalt an Wasserstoff aufzunehmen, so daß man das Eisen, wie es aus dem Bade kommt, biegen und falzen kann. Man kann aus Blechen, die nach diesem Verfahren elektrolytisch hergestellt wurden, ohne weiteres Gegenstände durch Pressen oder Ziehen herstellen.

Die Herstellung von nahtlosen Rohren beliebiger Größe, beliebiger Wandstärke und Innendurchmesser ist ohne besondere Schwierigkeit möglich, und man wird bald auch viele andere Objekte aus galvanoplastisch niedergeschlagenem Eisen mit großem Vorteil herstellen, wie dünnwandige Schlangenrohre, Kühler für Automobile, Gießformen etc. etc.

Die außerordentliche Reinheit des Materiales wird für viele Zwecke von ausschlaggebender Bedeutung sein.

Über die physikalischen Eigenschaften des Elektrolyteisens konnten auch erst jetzt, nachdem man mit Leichtigkeit größere Mengen billig und verläßlich herstellen kann, eingehende Versuche angestellt werden. Die absolute Härte des Elektrolyteisens wurde mit 92 bestimmt. Durch Walzen in kaltem Zustande läßt sich die Härte auf 180 steigern. Das Material ist derart duktil, daß man es in kaltem Zustande sogar auswalzen kann. Durch den geringen Gehalt an Wasserstoff kann also sonst reines Eisen auf ungefähr die Härte des gewöhnlichen Eisens gebracht werden. Glüht man aber das so hergestellte Elektrolyteisen bei etwa Dunkelrotglut, so entweicht der stets noch in geringer Menge im Eisen gelöste Wasserstoff vollständig, und es sinkt die absolute Härte stets auf den bei Eisen sonst nicht gekannten Wert von 60, selbst wenn durch Walzen vorher die Härte von 180 erzielt worden war.

Von vielleicht epochemachendem Interesse sind die elektrischen und magnetischen Eigenschaften dieses reinen Eisens. Die magnetische Leitfähigkeit (Permeabilität μ) übersteigt das sonst bei den besten Eisensorten erreichte Höchstmaß um das 3—4fache. Durch das einförmige Gefüge und infolge seiner Struktur besitzt es eine außerordentlich kleine Hysteräsis, so daß sich dieses Material überall dort mit Erfolg Eingang verschaffen kann, wo die außerordentlich kleinen Verluste durch Ummagnetisierung günstig in die Erscheinung treten, z. B. wo es darauf ankommt, elektrische oder elektromagnetische Apparate mit höchstem Wirkungsgrad und kleinsten Dimensionen zu erhalten.

Es ist eine ganz eigentümliche Erscheinung, daß gerade das nach dem Fischerschen Verfahren erzielte Elektrolyteisen bei der eminenten Reinheit des Materiales ein für die magnetischen Eigenschaften des Eisens so überaus günstiges Gefüge zeigt. Schmilzt man solches Elektrolyteisen, so bleibt wohl die hohe Permeabilität, also die gute magnetische Leitfähigkeit erhalten, doch verbreitet sich die sogenannte Hysteräsisschleife, d. h. es steigt die Korzitivkraft, mit anderen Worten, es steigen die Verluste, die bei der Ummagnetisierung des Eisens auftreten. Demnach scheinen die günstigen Eigenschaften des Elektrolysierens in dieser Richtung von der Struktur des Materiales ganz bedeutend beeinflußt zu werden. Es steht heute schon ganz außer Frage, daß die magnetischen Eigenschaften des Elektrolysierens von der Korngröße des Materiales abhängen. Letztere ist nun lediglich eine Funktion der angewandten Stromdichte, und es hat sich übereinstimmend damit gezeigt, daß die magnetischen Eigenschaften des Eisens eine stetige Besserung erfahren, wenn man die Stromdichte bei der Abscheidung erhöht.

Erwähnt sei noch die Anwendung reinen Eisens zur Herstellung von Legierungen mit besonderen Eigenschaften, wie z. B. bei der Herstellung von Qualitätsstahlarten u. dgl. Auch die Eigenschaft des reinen Eisens, den elektrischen Strom gut zu leiten, wird ihm vermutlich noch viele Anhänger verschaffen.

Ein weit weniger reines Elektrolyteisen stellt Cowper-Coles*) neuerdings dar, und will derselbe Eisenrohre dadurch

*) Elektrochemische Zeitschrift Bd. 15. 1909. S. 254 und 277.

herstellen, indem er auf einen leitenden Kern das Metall elektrolytisch niederschlägt. Als Bad dient Eisensulfatlösung, in der dauernd Eisenoxyd suspendiert, und der außerden etwas Schwefelkohlenstoff zugefügt ist. Die Anode ist unlöslich. Das Bad wird auf 70° gehalten und ständig gerührt. Der Kern wird vorher elektrolytisch mit Blei überzogen. Hat der Eisenniederschlag genügende Dicke erreicht, so wird er bis zum Schmelzen des Bleies erhitzt; dann läßt sich der Kern aus dem Rohr leicht herausziehen. Die Stromdichte beträgt 11 Amper pro Quadratdezimeter der Kathodenfläche. Die Spannung muß sehr niedrig gehalten werden.

Will man Bleche herstellen, so schlägt man das Eisen auf einer Trommel von 2,5 m Durchmesser nieder, die sich ständig dreht, und schneidet das erhaltene weite Rohr auf.

Eine Analyse des fertigen Produktes ergab:

Kohlenstoff	0,06 %
Silizium	0,11 %
Schwefel	0,016 %
Phosphor	0,041 %
Arsen	0,004 %
Mangan	**Spuren**

Das Produkt ist also nicht entfernt so rein wie das nach Fischer hergestellte.

Das Eisen ist angeblich feinkörnig und soll große Permeabilität zeigen; der Hystereseverlust beträgt 0,7 Watt auf das Kilogramm.

Bei geringem Wasserstoffgehalt ist das Eisen weich, bei hohem ist es glashart und brüchig (?). Der Wasserstoff läßt sich durch Ausglühen des Eisens entfernen. Auch beim Kochen in Wasser oder in Öl läßt sich Wasserstoff austreiben. Nach der Angabe von Cowper-Coles kommt die Tonne auf 107 M. zu stehen, wovon auf die Stromkosten 20 M. entfallen bei einem Preise von 0,85 Pf. (?) für die KW-Stunde.

Als Ausgangsmaterial dienen Roheisen und Eisenschrott, das in 20-prozentiger Schwefelsäure gelöst wird; unter Umständen können auch geeignete feingepulverte Eisenerze verwandt werden. Cowper-Coles hat aber noch nicht den Beweis

liefern können, daß der Prozeß in die Praxis eingeführt werden konnte, während nach dem Verfahren nach Fischer bereits praktisch gearbeitet wird.

Eisengalvanos für graphische Zwecke. Die Herstellung von Galvanos ganz aus Eisen anstatt solcher aus Kupfer ist durch die Auffindung des geeigneten Elektrolyten natürlich sofort aufgegriffen worden, denn man versprach sich selbstverständlich eine außerordentliche Haltbarkeit solcher Galvanos gegenüber den weichen Kupfergalvanos. Bei der praktischen Anwendung stellten sich allerdings sofort einige nicht ohne weiteres vorherzusehende Schwierigkeiten ein, und speziell die Matrizenfrage gehört mit zu den heikelsten Punkten bei dieser Methode. Da man mit erwärmten Bädern zu rechnen hat, so schalten die Wachsmatrizen, auch die Blei-Wachsmatrizen, aus und man ist auf Metallmatrizen angewiesen.

Das nächstliegende war nun die Benutzung reinen Bleies. Es zeigte sich, daß es oft sehr schwierig ist, speziell bei Schriftsätzen u. dergl. die Eisenniederschläge vom Blei zu trennen, denn gerade infolge der Duktilität des aus diesen modernen Elektrolyten erhaltenen Eisenniederschlages und infolge der angewendeten Temperatur tritt eine Legierungsbildung zwischen Bleiform und Eisenniederschlag ein. Wenn auch z. B. bei größerer Dicke des Eisenniederschlages das Abheben der Niederschläge keine nennenswerten Schwierigkeiten bereitet, besonders wenn man die Bleiform nahe zum Schmelzpunkt erhitzt, so macht sich doch bei Niederschlagsstärken von 0,15 bis 0,2 mm, wie sie in der Klischeefabrikation gebräuchlich sind, die obengenannte Legierungsbildung unliebsam bemerkbar, indem die Galvanos stellenweise haften blieben und, selbst wenn es gelingt, dieselben vollkommen abzulösen, wird sehr oft der Niederschlag deformiert.

Man hilft sich aber in der Weise, daß man zuerst einen harten, nur dünnen Nickelniederschlag auf die Bleimatrizen niederschlägt, welcher zufolge seiner absoluten Härte sich nicht so leicht mit der Bleiunterlage legiert. Die eigentliche Schichte des Galvanos wird dann durch Verstärkung dieses Nickelhäutchens im warmen Eisenbad erreicht, und zwar arbeitet man am besten mit Stromdichten von 10 Amper pro

Quadratdezimeter bei einer Badspannung von ca. 3 Volt. Man. erhält dann in ca. $1^1/_4$ Stunden einen genügend starken Niederschlag, der sich mit dem Nickelniederschlag zusammen abheben und sich ebensogut wie Kupfer hintergießen läßt.

Die auf der Druckfläche befindliche harte Nickelschicht ist natürlich nur erwünscht, da sie ein Rosten der Eisengalvanos verhindert und begreiflicherweise die Feinheiten der Prägung nicht alteriert, da sie ja direkt auf der Form hergestellt wurde.

Die Nickelgalvanoplastik.

Seit langem hat man getrachtet, das weiche Kupfer speziell in der Druckereitechnik durch das widerstandsfähigere harte Nickel zu ersetzen und Galvanos, Druckplatten usw. aus entsprechend dicken Nickelniederschlägen herzustellen. Die bis in die letzte Zeit für diesen Zweck versuchsweise vorgeschlagenen Elektrolyte haben sich aber als unbrauchbar erwiesen, weil sich in allen diesen die bekannte Eigenschaft des Nickels zeigte, bei der Erzeugung von Stärken über einige hundertstel Millimeter aufzurollen. Verfassers Ansicht darüber ist folgende: Man hat bisher durchwegs Nickelbäder mit Ammonsalzen als Leitsalze oder das komplexe Salz Nickelammonsulfat*) neben geringen Mengen von Borsäure verwendet. Die primäre Entladung des $\overset{+}{N}H_4$ und die damit zusammenhängende H-Entladung scheint aber die Ursache des Abrollens des Nickels zu sein. Es treten dabei ganz unglaubliche Kräfte auf und Verfasser konnte gelegentlich eines derartigen mißglückten Experimentes beobachten, wie ein Niederschlag, der in erwärmter Lösung in der Stärke von ca. 0,3 mm bereits erzeugt war, unter lautem Knall in zwei Stücke riß und von der Unterlage abrollte.

Das $\overset{+}{N}H_4$ entladet offenbar sehr leicht den Wasserstoff zusammen mit dem Nickel und bildet, eventuell mit NH_4 zusammen, unbeständige Nickellegierungen. Die Struktur des elektrolytisch ausgeschiedenen Nickels scheint dadurch derart verändert zu werden, daß Spannungen im molekularen Zu-

*) Z. f. E. VII, 698 (Pfanhauser).

sammenhange eintreten, deren Zugrichtung senkrecht zur Stromlinienrichtung verläuft. Möglicherweise aber steigert sich diese Legierungsbildung mit der Stromdichte und äußert sich aus diesem Grunde in bedeutendem Maße vorwiegend bei flachen und größeren Kathoden.

Eigentümlich ist der Umstand, daß bei Verwendung von Natronsalzen als Leitsalze diese Tendenz des Aufrollens und Zerreißens nicht eintritt. So eignet sich die alte, aus dem Jahre 1880 stammende von Wilh. Pfanhauser sen. vorgeschlagene Zusammensetzung:

I. **Wasser** . . . . 1 l
Nickelsulfat . . . . 40 g
Natriumcitrat . . . . 35 g.

vorzüglich dazu, Niederschläge in jeder beliebigen Stärke herzustellen. Der Niederschlag ist weich und duktil und auf der Rückseite ganz glatt, ohne kristallinische Struktur zu zeigen. Das Bad arbeitet bei:

Badtemperatur: 15 bis 20° C
Konzentration: $5^1/_2$° Bé
Spez. Badwiderstand: 5,17 Ohm
Temperaturkoeffizient: 0,0348
Stromausbeute: 93 %.

Die anzuwendende Stromdichte ist ND_{100} = 0,2 Amper. Die Badspannung für 15 cm Elektrodenentfernung: 3 Volt. Die Änderung der Badspannung für je 5 cm Änderung der Elektrodenentfernung: 0,5 Volt.

Bei der Stromdichte von 0,2 Amper erreicht der Niederschlag in 10 Stunden eine Stärke von 0,023 mm, braucht daher, um zu einer Dicke von 1 mm getrieben zu werden, ca. 430 Stunden. Wie bei jedem Nickelniederschlag ist auch hier jede Unterbrechung in der Elektrolyse zu vermeiden, weil sich nach jeder Unterbrechung eine neue Niederschlagsschicht bildet, die mit der darunterliegenden sich nicht vereinigt.

Ein zweites Bad, welches Verfasser für Erzeugung galvanoplastischer Nickelniederschläge bis zu jeder beliebigen Stärke als geeignet befunden hat, und welches auf Grund der Annahme des Verfassers zusammengesetzt wurde, daß das Ab-

rollen der Niederschläge bei der Verwendung von Natronsalzen als Leitsalze auch bei nicht erhöhter Temperatur vermieden werden kann, hat folgende Zusammensetzung:

II.		
	Wasser	1 l
	Nickelsulfat	50 g
	Natriumsulfat	15 g
	Borsäure	5 g

Das Bad arbeitet mit einer Stromdichte von 0,3 Amper bei einer Badspannung von 2,5 Volt:

Badtemperatur: 15 bis 20° C
Konzentration: 5° Bé
Spez. Badwiderstand: 4,92 Ohm
Temperaturkoeffizient: 0,028
Stromausbeute: 90%.

Der Niederschlag erreicht in 10 Stunden eine Stärke von 0,032 mm und kann die Stärke von 1 mm in 310 Stunden erreicht werden. Das Bad hat den Übelstand, daß sich bei höherer Stromdichte (z. B. an den Rändern, wo die Stromdichte infolge der gestreuten Stromlinien höher ist) ein grüner Schlamm von $Ni(OH)_2$ ausscheidet. Man hat dafür zu sorgen, daß die Lösung stets schwach schwefelsauer ist, wobei die Tendenz zu dieser Hydratbildung verringert wird.

Claßen hat bereits die Elektrolyse warmer Lösungen des Nickels empfohlen, und Förster*) bringt als erster die technische Verwendbarkeit dieses Vorschlages.

Förster neigt zu der Ansicht, daß das Aufrollen der Nickelniederschläge auf einen Oxydgehalt des Nickels zurückzuzuführen ist, zumal die Erscheinung des Aufrollens in ammoniakalischer Nickellösung noch leichter eintritt als in saurer oder neutraler.

O. Winkler hat aber gezeigt, daß das von ihm zu Atomgewichtsbestimmungen aus ammoniakalischer Nickellösung hergestellte abgeblätterte Nickel keine Gewichtsabnahme erlitt, wenn es im Wasserstoffstrom geglüht wurde, also frei von Oxyden ist. Beim elektrolytisch abgeschiedenen Eisen ist

*) Z. f. E. 160 ff.

aber doch der Wasserstoffgehalt nachgewiesen worden und verdankt das elektrolytisch ausgeschiedene Eisen seine Härte seinem Wasserstoffgehalt. Nun ist aber gerade das aufrollende Nickel ebenfalls ungemein hart und spröde und könnte naszierender Wasserstoff, entweder solcher, der primär bei der Elektrolyse schwachsaurer Nickellösungen gebildet wird, die Ursache des Sprödewerdens und Aufrollens sein, sowie der Wasserstoff, der aus der Umsetzung des Ammoniums stammt, wenn dieses aus seiner Legierung mit dem kathodisch abgeschiedenen Nickel auf das Lösungswasser nach der Gleichung

$$2NH_4 + 2HOH = 2NH_4OH + H_2$$

reagiert.

Förster sagt nun in seiner oben angeführten Abhandlung wörtlich: Die Entstehung des abblätternden, spröden Nickels läßt sich nun aber leicht vermeiden und es gelingt, ein zähes, glänzendes Nickel in beliebig starken Schichten durch Elektrolyse zu gewinnen, wenn man die Elektrolyte auf 50—90° C erwärmt. Hierbei kann man sich mit gleichem Erfolge der Lösungen von Nickelsulfat wie Nickelchlorür bedienen. Förster bespricht weiter seine diesbezüglichen Versuche:

Am leichtesten ausführbar ist die elektrolytische Übertragung des Nickels in seiner Sulfatlösung. Man geht hierbei von der neutralen Lösung des käuflichen Nickelsulfates aus; enthält eine solche 145 g des Salzes in 1 l, was etwa 30 g Nickel entspricht, so ist sie für die Versuche geeignet; ebenso sind es natürlich auch konzentriertere Lösungen. Als Anoden dienten starke Nickelbleche, wie sie in der Galvanotechnik zu dem gleichen Zwecke gebräuchlich sind; sie wurden zur Zurückhaltung des Anodenschlammes, dessen Mengen nicht mehr als 1,5—2 % des gelösten Metalles betrug, mit Pergamentpapier umgeben, welches sich bei allen angewandten Temperaturen in der neutralen Sulfatlösung sehr gut bewährt hat. Die Anoden wurden senkrecht in das Bad gehängt und die Kathoden zwischen ihnen angebracht; die letzteren bestanden aus dünnem Nickelblech, von welchem die Metallniederschläge sich sehr leicht abtrennen lassen. Das Umrühren des Elekl-yten geschah entweder durch einen Strom von Kohlensäure

oder von Luft oder mit Hilfe des von Mylius und Fromm*) beschriebenen Rührwerkes.

Die Versuche wurden mit Elektroden von 80—100 qcm wirksamer Oberfläche angestellt und jedesmal so lange fortgesetzt, bis 25—40 g Nickel niedergeschlagen waren. Sie ergaben, daß bei Stromdichten von 0,5—2,5 Amp./qdm und bei Temperaturen von 50—90° C stets gut zusammenhängende, schön glänzend hellgraue bis zinnweiße Nickelbleche erhalten wurden. Sie sind um so heller und glatter, je höher die Stromdichte ist: bei 3,5 Amp./qdm zeigten die bei 80° aus einer 100 g Nickel im Liter enthaltenden Lösung erzielten Niederschläge ein mattgraues stumpfes Aussehen; bei 2 bis 2,5 Amp./qdm wurden aber bei sonst gleichen Bedingungen glänzend silberweiße, fast völlig glatte Nickelbleche von etwa 0,5—1 mm Dicke gewonnen; eben solche entstehen bei 75 bis 80° und Stromdichten von 1 Amp./qdm und Lösungen mit 30 g Nickel im Liter. Öfters bemerkt man auf den Kathodenniederschlägen eine Anzahl stärker hervortretender Unebenheiten, welche durch lange an derselben Stelle haftende Wasserstoffbläschen und die durch sie bedingte ungleichmäßige Verteilung der Stromdichte an dieser Stelle hervorgerufen werden, und im weiteren Verlaufe der Elektrolyse zu knolligen Auswüchsen auf der Kathodenplatte und zur Entstehung ästeliger und traubiger Gebilde an den Rändern Veranlassung geben. Diese Erscheinungen lassen sich jedoch unschwer vermeiden, zumal wenn man dafür sorgt, daß Wasserstoffbläschen nicht lange an der Kathode haften bleiben.

So stellte Förster eine Nickelplatte von 0,5 kg aus einer Lösung dar, welche 100 g Nickel im Liter enthielt. Die Bedingungen waren:

Oberfläche der Kathode: 2 qdm
Temperatur des Elektrolyten: 60° C
Stromdichte: 1,5—2 Amp./qdm
Elektrodenentfernung: 4 cm
Badspannung: 1 Volt.

*) Zeitschr. f. anorg. Chemie 9, 160.

Ähnliche Resultate ergab die Elektrolyse der Chloridlösungen. Hierbei wurde ein Zusatz von Salzsäure gemacht, um das Nickel in hellgrauem Zustande zu erhalten. Die Stromdichten und Temperaturverhältnisse waren analog der bei der Sulfatelektrolyse angewendeten.

Duktiles Elektrolytnickel. In weiterer Verfolgung der Försterschen Beobachtung, biegsames, nicht aufrollendes Nickel an der Kathode aus warmen Elektrolyten zu erhalten, hat Verfasser folgende Beobachtungen gemacht:

1. Das Kathodennickel zerreißt auch bei der Elektrolyse warmer Elektrolyte, wenn nicht besondere Maßnahmen getroffen werden, nach einer bestimmten Zeit, wenn größere Flächen als Kathoden eingehängt werden und die Stromdichte unter 4 Amperes pro Quadratdezimeter sinkt.
2. Das Kathodennickel zerreißt trotz Einhaltung aller richtigen Verhältnisse, wenn zur Bewegung des Elektrolyten Luft eingeblasen wird und der Luftstrom die Kathode berührt.
3. Bei Durchrührung des erwärmten Elektrolyten mit Luft fällt das Nickel glänzend aus an allen denjenigen Stellen, welche vom Luftstrom getroffen werden, und es ist dort glashart und brüchig. An diesen glänzenden Stellen erfolgt auch das Zerreißen des Niederschlages. Die Lösung war neutral.
4. Jede lösliche organische Substanz ist von dem Elektrolyten fernzuhalten, weil dadurch dunkle Streifen entstehen, an denen der Niederschlag zerreißt.
5. Das Kathodennickel fällt mattgrau aus und ist brüchig und kristallinisch, wenn der Elektrolyt neutral ist.
6. Das Kathodennickel fällt weiß und seidenglänzend aus und ist weich und biegsam, wenn der Sulfatelektrolyt analog dem Chlorürelektrolyten schwach angesäuert ist. Dieser letzte Punkt stimmt allerdings nicht mit der Försterschen Beobachtung, daß die neutrale Lösung biegsames Nickel liefere. Das Nickel rollt allerdings nicht ab, wenn die Lösung neutral gehalten wird, aber

es ist so brüchig, daß es beim Umbiegen bricht. Wenn Förster bei der Verwendung käuflichen Nickelsulfates dennoch biegsames Nickel erhalten hat, so ist anzunehmen, daß das von ihm verwendete Nickelsulfat sauer war, wie dies im Handel mitunter der Fall ist.

Verfasser untersuchte zuerst eine Lösung, bestehend aus:

Wasser . . . . 1 l
Nickelsulfat, krist. . . . . 100 g

und erhielt die in nachstehender tabellarischen Übersicht angeführten Resultate:

Temperatur des Elektrolyten t° C	Angewandte Stromdichte ND_{100}	Eigenschaften des Kathodennickels, wenn Bad in Ruhe	Eigenschaften des Kathodennickels, wenn Bad bewegt
60	0,5	gelblicher Ton, Niederschlag spröde	
60	0,1	Ränder dunkel, Nickel brüchig	Niederschlag grau, aber brüchig
60	1,5	Nickel pulverig, schwarz	Ränder pulverig, Niederschlag brüchig
75	1,0	glänzender Niederschlag, aber brüchig	
75	1,5	desgl.	
75	2,0	Ränder pulverig, Niederschlag brüchig	glänzend, aber brüchig
75	2,5	pulverig	desgl.
75	4,0	desgl.	desgl.
75	5,0	desgl.	Ränder pulverig, Niederschlag brüchig
85	4,0	gut und ziemlich duktil	
85	4,5	desgl.	
85	5,5	desgl.	
85	6,0	desgl.	
85	8,0	Ränder pulverig	wieder gut

Die Verhältnisse liegen also derart, daß das zulässige Stromdichtenmaximum mit der Temperatur steigt und auch

die Niederschläge um so biegsamer werden, je höher die Temperatur ist.

Es wurde nun versucht, den Elektrolyten schwach anzusäuern, und setzte Verfasser der Lösung 0,85 g Schwefelsäure pro Liter zu. Während im neutralen Bade fast gar keine Gasentwicklung an der Kathode zu beobachten war, trat jetzt deutlich Wasserstoff auf, aber in nur ganz geringem Maße, der die Stromausbeute nicht wesentlich herabdrückte.

Die Verhältnisse lagen jetzt folgendermaßen:

Temperatur des Elektrolyten t° C	Stromdichte ND_{100}	Beobachtungen wenn Elektrolyt in Ruhe	Beobachtungen wenn Elektrolyt bewegt
75	5,0	neigt zur Streifenbildung, spröde	glänzend und weiß
75	6,0	schwarze Streifen	desgl.
75	7,0	desgl.	desgl.
90	3,5	schön weiß, aber hart und spröde	
90	5,0	weiß und duktil	
90	6,2	desgl.	
90	7,0	desgl.	
90	9,0	Ränder pulverig sonst gut	glänzend weiß und duktil

Bei Zusatz von 2,5 g Schwefelsäure pro Liter war das Nickel weich und seidenglänzend, und die zulässige Stromdichte bei bewegtem Bad konnte bis 12 Ampere gesteigert werden.

Als Punkt 7 dieser Untersuchungen sei noch hinzugefügt, daß das zulässige Stromdichtenmaximum mit der Konzentration an Nickelsulfat steigt, wenn das Bad möglichst hoch erwärmt und gleichzeitig bewegt wird.

Die Niederschlagsstärken, die mit diesem Elektrolyten zu erzielen sind, sind aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich. Die Stromausbeuten sind dabei jeweilig angegeben und bei der Niederschlagsstärke berücksichtigt worden.

	Stromdichte Amp./qdm	Niederschlag in 10 Stunden mm	1 mm Niederschlag braucht Stunden ca.	Annähernde Stromausbeute in %
aus kalten Elektrolyten	0,2	0,023	430	93
	0,3	0,032	310	90
	0,5	0,055	182	88
aus warmen Elektrolyten bei 80—90° C	1,0	0,124	80	100
	1,5	0,186	53	100
	2,0	0,248	40	100
	2,5	0,310	32	100
	3,0	0,368	27	99
	4,0	0,487	20,5	98
	5,0	0,590	17	95
	6,0	0,698	14,3	95
	7,0	0,760	13,2	93
	8,0	0,905	11	93
	9,0	1,002	10	93
	10,0	1,145	8,75	92

Die Nickellösungen sind frei von Eisen zu halten und ist deshalb aus Nickelplastikbädern von Zeit zu Zeit das Eisen zu entfernen*).

Kugel**) wurde trotzdem, daß Förster seine Arbeiten bereits im Jahre 1897 publizierte, auf den gleichen Gegenstand ein Patent erteilt, das in seinen Patentansprüchen nichts Neues birgt.

Kugels Verfahren bezweckt, Elektrolytnickel in beliebig dicken Schichten so herzustellen, daß das gewonnene Produkt bezüglich seiner mechanischen Eigenschaften, Zähigkeit, Festigkeit und Dehnbarkeit dem Walznickel durchaus gleichwertig ist, daß demnach der sonst notwendige Prozeß des Umschmelzens, Walzens usw. in Fortfall kommen kann. Kugel wendet den durch Förster bereits publizierten Zusatz freier

*) Das Nickelbad erhält durch Spuren von Eisen, die in jeder Nickelanode enthalten sind, stets nach einiger Zeit einen störenden Eisengehalt, weil sich das Eisen weniger leicht in der angesäuerten Lösung abscheidet.

**) D.R.P. Nr. 117054 vom 15. November 1899.

Säure an und gibt an, daß jede starke Mineralsäure brauchbar sei, welche durch den Strom in ihrer chemischen Zusammensetzung nicht verändert wird. Kugel scheint allerdings von den Arbeiten Försters doch unterrichtet gewesen zu sein, denn er sagt:

»Ein solcher Säurezusatz ist bereits bekannt, er macht aber im allgemeinen das Nickelbad unbrauchbar, da er ein sofortiges Abblättern des abgeschiedenen Metalles bewirkt. Wenn man aber vorher den Elektrolyten erhitzt und ihn auf einer Temperatur über 30° C hält, so gelingt es, das Ablösen des Nickelniederschlages zu verhindern und ein absolut zähes, biegsames und dehnbares Nickel von homogener, nicht kristallinischer Struktur in jeder beliebigen Dicke abzuscheiden.«

Das Kugelsche Verfahren bestände also darin, daß das Bad gleichzeitig erwärmt und sauer erhalten wird. Das wurde aber von Förster bereits publiziert und ist die Patentfähigkeit dieses Verfahrens daher ungerechtfertigt.

Als solche Mineralsäuren gibt Kugel an: Überchlorsäure, Überchromsäure und Schwefelsäure. Die relative Menge des zweckmäßig anzuwendenden Zusatzes richte sich nach der Temperatur und der Konzentration des Bades, ferner auch nach der gewünschten Härte des Niederschlages; dieselbe schwanke zwischen 2 und 20 % derjenigen Säuremenge, welche in dem gleichen Volumen der Einfachnormallösung enthalten ist. Nicht geeignet sind nach Kugel alle diejenigen Säuren, welche durch den Strom chemisch verändert werden und deren Zersetzungsprodukte den Niederschlag sekundär durch chemische Wirkung unbrauchbar machen, also besonders Salpetersäure, die Halogensäuren (?) und alle organischen Säuren.

Die Ausführung des Prozesses begegnet insofern einer Schwierigkeit, als bei der hohen Temperatur des Bades die Azidität der Lösung sich bald vermindert, wenn man nicht zu sehr kleinen Anoden oder unlöslichen Hilfsanoden seine Zuflucht nimmt.

Beide Mittel haben vor allem den Nachteil, daß sie einen Energieverlust infolge der erforderlich werdenden höheren Badspannung verursachen. Die Schwierigkeit läßt sich nach

Kugel ganz oder zum größten Teil vermeiden, sofern man der Elektrolytflüssigkeit eine hochkonzentrierte Lösung eines Leitsalzes beimischt, welches aus den obengenannten Säuren und einem Leichtmetall gebildet ist. Bei Auswahl dieses Leitsalzes ist ebenfalls Bedingung, daß es bei regelrechtem Verlauf des elektrolytischen Prozesses keine chemische Veränderung erleidet. Wenig zweckmäßig hält Kugel z. B. Verbindungen von Schwefelsäure mit Kalium oder Natrium, da während der Elektrolyse sich im Bade die verschiedenen möglichen Verbindungsstufen dieser Salze bilden und rückbilden, so daß einerseits eine laufende Kontrolle über die jeweilige chemische Zusammensetzung des Bades unmöglich sei, anderseits auch ein ständiger Energieverlust durch diesen Kreisprozeß auftreten soll. Für besonders geeignet habe sich dagegen nach Kugel die Anwendung von Magnesiumsalzen erwiesen, welche auch bei Anwendung relativ großer Anodenflächen die Aufrechterhaltung einer gleichmäßigen Azidität des Bades ohne Zuführung neuer Säure oder dergleichen ermöglichen.

Die Temperatur der Lösung wird wegen der mit der Erwärmung steigenden Leitfähigkeit möglichst hoch, 90 bis 100° C gewählt, sofern die Form, auf welcher das Metall niedergeschlagen wird, hierdurch nicht gefährdet wird. Bei Formen aus leicht schmelzbaren Stoffen verbietet sich naturgemäß diese Erwärmung und genügt dann zur Erreichung der gleichen Wirkung auf den Niederschlag eine Temperatur von 30—40° C.

Die Konzentration der Lösung soll auf die Beschaffenheit des Niederschlages nicht von wesentlichem Einfluß sein. Man kann sich also auch hier durch die Rücksicht auf möglichste Verminderung des Badwiderstandes (?) leiten lassen und z. B. bei 90° C auf 1 l Wasser 800 g Nickelsulfat und 800 g Magnesiumsulfat lösen.

Die zweckmäßige Azidität der Lösung ist in erster Linie abhängig von der Stromdichte. Die Wirkung der freien Säure zeigt sich nämlich, wie die Kugelsche Patentschrift sagt, zunächst in dem Auftreten einer lebhaften Wasserstoffentwicklung an der Kathode. Wird die Stromdichte bei hoher Azidität

zu stark genommen, so kann die Gasentwicklung so stürmisch werden, daß die rein mechanische Wirkung derselben dem Niederschlag nachteilig wird. Man wähle daher zweckmäßig bei großer Azidität die Stromdichte etwas kleiner (?). Im übrigen läßt sich der Strom ohne Schaden für den Niederschlag wesentlich stärker als sonst bei der Vernicklung anwenden, nämlich bis 10—20 Amp./qdm, wobei natürlich eine lebhafte Bewegung des Elektrolyten behufs guter Durchmischung erforderlich ist.

Kugel gibt sich ferner der Hoffnung hin, auf diese Weise auch Neusilber (Kupfer, Nickel, Zink) aus einem Lösungsgemisch der Metallsalze auszuscheiden, was aber wohl auf einem Irrtum beruhen dürfte, da Kupfer und Zink aus saurer Lösung gleichzeitig niemals in kohärenter Form als Legierung auszuscheiden sind, vielmehr der Zusatz von Zinksalzen und Kupfersalzen in einem erwärmten Nickelelektrolyten sofort eine Schwarzfärbung des Niederschlages im Gefolge hat.

Unter Benutzung des nach D.R.P. Nr. 134736 gekennzeichneten Elektrolyten, bestehend aus ätherschwefelsaurem Nickeloxydul und ätherschwefelsauren Alkalien oder alkalischen Erden, will die Firma Dr. G. Langbein & Co. alle Schwierigkeiten, Nickelniederschläge z. B. auf graphitierten Wachsmatrizen herzustellen, behoben haben. Als Beispiel führt Langbein eine Lösung von 15° Bé an, die das Nickelsalz im Verhältnis zum Magnesiumäthylsulfat wie 3:1 enthält. Als Stromdichte führt er 0,2—0,3 Amp./qdm an. Die Stärke eines Nickelniederschlages von 6 mm auf einer Guttaperchamatrize sei in sechs Wochen fertiggestellt worden.

Die Lösung muß mechanisch bewegt oder aber durch Einblasen von Kohlensäure in Wallung gebracht werden. Das Einblasen von Luft ist nicht zulässig, weil sich die äthylschwefelsauren Verbindungen dabei oxydieren würden. Die Badspannung beträgt 2,2 Volt, die Stromausbeute nicht mehr als 70%. Als Bad wird in dieser Patentbeschreibung folgendes vorgeschlagen:

a)	**Wasser**	1 l
	Äthylschwefelsaures Natron	50 g
	Chlornickel	100 g.

b)		
	Wasser	1 l
	Chlorammonium	5 g
	Schwefelsaures Natron	10 g
	Äthylschwefelsaures Nickel	100 g.

Verfasser hält die Zusammensetzung b) infolge des Gehaltes an Ammon-Ionen für nicht geeignet, hingegen den mit Natronsalzen (siehe meine früheren Ansichten über Natronsalze) bereiteten Elektrolyt ebensogut wie z. B. die mit zitronensaurem Natron hergestellten Bäder nach Pfanhausers Vorschrift. Letzteres hat allerdings noch den Vorteil voraus, daß es eine Bildung basischer Salze verhindert.

Matrizen für Nickelgalvanoplastik. Während für die in kalten Bädern betriebene Kupfergalvanoplastik alle Arten von Matrizen Verwendung finden, sind bei warmen Lösungen und speziell in der Nickelgalvanoplastik in warmer Lösung nur Metallmatrizen anwendbar.

Für die kalten Nickelplastikbäder sind oftmals Versuche gemacht worden, die gewöhnlichen graphitierten Wachs- oder Guttaperchamatrizen zu verwenden, aber der Niederschlag neigte auf diesen Matrizen leicht zum Aufrollen.

Durch geeignete Wahl der Lösung einerseits und der Wachsmischung anderseits ist man aber imstande, Nickel auf graphitierten Wachsmatrizen genau so wachsen zu lassen, wie wir dies beim Kupfer gewohnt sind; es lassen sich sogar ganz dicke Schichten von Nickel auf diese Weise direkt auf Wachs auftragen, ohne abzurollen.

Als Matrizen für die Nickelgalvanoplastik werden ent-Kupfer- oder Bleimatrizen, in neuerer Zeit auch Wachsmatrizen, verwendet. Handelt es sich um die Galvanoplastik in kalten Nickelplastikbädern, so ist Wachs oder Guttapercha ohne weiteres zulässig. Letztere Formen werden genau so mit Graphit leitend gemacht, wie dies bei der Kupfergalvanoplastik der Fall ist. Sehr geeignet ist die Methode, die Matrizen mit einer alkoholischen Silbernitratlösung zu bestreichen und diese Schicht so lange, wie sie noch feucht ist, mit einem Gasstrom von Schwefelwasserstoff zu schwefeln. Bei graphitierten Matrizen arbeitet man anfänglich mit höherer

Badspannung, von 4 bis 5 Volt, um das Nickel rasch über die graphitierte Fläche zu bringen, und schwächt dann, sobald der Nickelniederschlag über die ganze Fläche gewachsen ist derart ab, daß die Stromdichte nur ca. 0,8—1,2 Amper beträgt.

Damit ähnlich wie bei der Kupfergalvanoplastik das Nickel an der graphitierten Fläche weiter wächst, muß die Lösung so präpariert werden, daß die Differenz zwischen dem Entladepotential des Wasserstoffs bezw. der anderen nicht abzuscheidenden Kationen (Leitsalzkationen) des Elektrolyten und dem des abzuscheidenden Nickels möglichst groß wird. In solcherart angesetzten Bädern gelingt es, den Nickelniederschlag selbst über ganz große Flächen wachsen zu lassen, und es gelang dem Verfasser, eine normalerweise graphitierte Fläche von Wachs im Format 30×40 cm in 25 Minuten mit Nickel zu decken.

Zu beachten ist allerdings, daß man bei Verwendung solcher Bäder besonders die Reaktion des Bades berücksichtigen muß, denn ist das Bad zu neutral, dann wird der Nickelniederschlag zu weich, ist es zu sauer, dann rollt die Nickelhaut leicht ab. Die Stärke der Nickelschicht wird nicht zu weit getrieben. Es genügt schon eine Nickelhaut, die bei obengenannten Stromverhältnissen in $^3/_4$—1 Stunde hergestellt wurde, um durch nachträgliche Verstärkung im sauren Kupferbade ein Klischee etc. herzustellen, mit welchem man Auflagen von über 1 Million drucken kann.

Schneller arbeitet man in der Nickelgalvanoplastik natürlich auch mit Metallmatrizen. Dort wo das Prägen des Originales in Blei mittels der hydraulischen Presse nicht ausführbar ist, wird man auf gewöhnliche Weise zuerst in Wachs usw. abformen und eine dünne Kupferhaut nach dem Schnell-Kupfergalvanoplastik-Verfahren herstellen. Von diesem Positiv muß man ein Negativ herstellen, indem man entweder eine Reproduktion in Kupfer oder ebenfalls schon in Nickel macht. Stellt man sich auf diese Weise ein Nickelnegativ her, so bietet dies den großen Vorteil, daß man sich keine Trennungsschicht schaffen muß, um die beiden Niederschläge voneinander zu trennen, während man bei Anfertigung eines

Kupfernegatives den ersten positiven Niederschlag präparieren muß, um zu verhindern, daß die beiden Niederschläge zusammenwachsen. Solche Trennungsschichten erzeugt man sich auf folgende Weise:

1. Man reinigt den von der Wachsmatrize abgelösten kupfernen Niederschlag und versilbert ihn durch Eintauchen in eine Lösung von

Wasser	1 l
Feinsilber als Chlorsilber	5 g
Cyankalium 100%	20 „

Es schlägt sich Silber in ganz dünner Schicht auf dem Kupfer nieder und wird nach erfolgtem Abspülen die Silberschicht oberflächlich in Jodsilber übergeführt, indem man eine alkoholische Jodlösung daraufgießt. Diese Jodschicht verhindert das Verwachsen der beiden Kupferschichten. Um die beiden Niederschläge voneinander zu trennen, werden die Ränder beschnitten oder evt. abgefeilt, worauf man leicht die zwei Schichten voneinander trennen kann.

2. Eine andere Methode, welche in der Galvanoplastik gebräuchlich ist, ist folgende: Die Kupferhaut, welche als Negativ dienen soll, wird dekapiert und 5 Minuten lang in einem gewöhnlichen Nickelbad verkupfert. Nun wird eine Schwefelnickelschicht erzeugt, durch Übergießen mit einer Lösung von

Wasser	1 l
Schwefelammonium	50 g.

Man übergießt die vernickelte Schicht 2—3 mal, spült dann ab und kann sofort die Positivschichte darauf erzeugen.

Die Idee, die Metallmatrize vor Verwendung zu vernickeln, rührt von A. K. Reinfeld*) her. Er hatte sich von der Tatsache überzeugt, daß sich bei Anwendung des sauren Kupfergalvanoplastikbades Spuren von Nickel auflösen, wogegen eine minimale Menge von Kupfer ausgeschieden wird, welche schwach

*) D.R.P. Nr. 50890 vom 22. November 1888.

pulverig ist und auf der Nickelfläche nicht haftet. So wird die Möglichkeit geschaffen, den darauf erfolgenden weiteren Kupferniederschlag, da er nicht kohäriert, leicht abheben zu können.

Noch leichter erfolgt die Ablösung, wenn die vernickelte Fläche mit oxydierenden Substanzen oder seifenartigen Mischungen behandelt wird. In letzterem Falle wird die Formoberfläche außerordentlich glatt, weil diese Mischungen die vorhandenen kleinen Unebenheiten ausgleichen. Die Oxydierung der Formflächen kann mit Kaliumchromat oder Manganat (konzentrierte Lösungen!) erfolgen. In diesen Lösungen verbleiben die Formen etwa 15 Minuten, werden darauf gespült und abgerieben.

C. Holl*) benutzt Reinnickel als Formmetall für abhebbare Niederschläge. Besonders der Verbilligung wegen schlägt er vor, folgende Materialien zu verwenden: Kobalt, Kupfer, Stahl, Blei, Kadmium, Antimon, Aluminium, Zinn, ferner Ferrosilizium, Ferrochrom usf. Die angeführten Metalle kann man auch als Unterlage auf Glas in der Weise verwenden, daß man ganz dünne Folien oder Überzüge auf die Kathoden aufbringt. Chlorkalk sowie Sauerstoff, und zwar entweder atmosphärischer oder elektrolytisch dargestellter Sauerstoff, sowie andere oxydierende Substanzen vermögen, die Formoberflächen in der gewünschten Weise zu präparieren. Hauptsache bleibt immer, daß die Zwischenschicht im Elektrolyten unlöslich ist.

So kann man CuCl für Kupferkathoden und Kupferbäder, Cyansilber für Silberniederschläge in Silberbädern verwenden, oder man kann auch z. B. Kupferformen mit einem dünnen Silberniederschlag versehen und zur Erleichterung des Abhebens des darauf erzeugten Kupferniederschlages die Silberschicht in eine Metalloidschicht überführen.

Der Zugehörigkeit wegen, um das Kapitel über Nickelgalvanoplastik als Ganzes zu bringen, sei hier noch das Verfahren von Steinweg und Gerhardi & Co. erwähnt, wonach letztere Firma die Galvanoplastik des Nickels ausführt. Das Verfahren ist durch mehrere Patente geschützt.

*) D.R.P. Nr. 79904 vom 7. Oktober 1892. Zus. zum D.R.P. Nr. 50890 vom 22. November 1888.

Für spezielle Anwendungen der Nickelgalvanoplastik erweisen sich die bekannten Verfahren, die Matrizen von den galvanoplastischen Niederschlägen abzutrennen, in vielen Fällen als wenig geeignet oder als ganz unausführbar, besonders aber in allen solchen Fällen, wo profilierte Objekte aus Nickel hergestellt werden sollen, wozu die Form naturgemäß Wölbungen, mitunter sogar Unterscheidungen haben muß.

Das bekannte Verfahren, die Formen aus leichtflüssigem Metall herzustellen und nach Bildung des Niederschlages durch Schmelzen zu entfernen, bringt den großen Nachteil mit sich, daß stets eine Legierung des Formmetalles mit der metallisch reinen Niederschlagsfläche stattfindet. Mit der Anwendung von Kupfer oder geprägten Bleimatrizen ist hingegen die Möglichkeit geboten, flache Objekte galvanoplastisch darzustellen, solche Matrizen sind aber beispielsweise zur Herstellung von Hohlgefäßen mit Verzierungen, engen Öffnungen usw. nicht brauchbar.

Das nachstehend beschriebene Verfahren nach Steinweg gestattet dagegen die Herstellung beliebig gestalteter Gegenstände, insbesondere auch von Hohlgegenständen, in fast beliebigen Formen mit Erhebungen und Vertiefungen. Die Arbeitsweise ist gekennzeichnet durch die Anwendung dünnwandiger und hohlwandiger Metallmatrizen aus weichem, leicht zerreißbarem Metall, z. B. Legierungen von Zinn, Zink oder Blei mit Antimon, Arsen, Wismut, Kadmium usw., deren Brüchigkeit evt. durch starke Temperaturerniedrigung (bei Sn- oder Sn-Sb-Legierungen) oder durch Temperaturerhöhung (bei Sn-, Bi- und Pb-Legierungen) gesteigert wird, deren niederschlagfreie Rückseite mit Nuten oder linienförmig verlaufenden Vertiefungen versehen ist. Die Nuten, welche bis nahe zur vorderen Oberfläche reichen, teilen die Formenwände in einzelne Streifen oder Abteilungen. Nach Bildung des Niederschlages werden mittels geeigneter Werkzeuge die einzelnen Streifen abgehoben und abgerissen. Durch passende Unterteilung der Formwände ist auf diese Weise fast jeder beliebige Kern leicht zu entfernen, ohne daß eine Formveränderung des Niederschlages erfolgt.

Die Ausführung des Verfahrens gestaltet sich in einzelnen Fällen verschieden. Als Material für die Matrizen wird zweck-

mäßig Blei, Zinn oder Legierungen, wie z. B. Britanniametall benutzt. Bei diesem Verfahren ist große Sorgfalt auf das Riefen der Formen auf der Rückseite zu verwenden, um nicht die Vorder- oder Formseite zu beschädigen. Das Riefen kann entweder mit geeigneten Werkzeugen von Hand geschehen oder mittelst Stoßmaschine bewerkstelligt werden.

Die Herstellung von Nickelklischees. Die Druckereitechnik suchte begreiflicherweise die Erfolge der Galvanotechnik auf dem Gebiete der Herstellung dicker Nickelniederschläge sich nutzbar zu machen, zumal bekannt war, daß dem reinen und gegen alle erdenklichen Farbstoffe unempfindlichen Nickel die Eigenschaft großer Härte zukam, die eine Gewähr für die Möglichkeit, hohe Druckauflagen zu erzielen, bot. Das bloße Vernickeln kupferner Klischees befriedigte manche nicht mehr, man wollte eine dickere Nickelschicht, und zwar direkt von der Matrize weg erzeugen. Wenn es nun auch nach manchem Rezept gelang, Nickelniederschläge z. B. auf den vorzüglichen Bleiprägungen nach Dr. Albert, München, herzustellen, so scheiterten die Verfahren doch stets daran, die Nickelniederschläge, ob mit oder ohne Kupferverstärkung von der Bleimatrize abzulösen. Man half sich wohl auch dadurch, daß man die Bleimatrize wegschmolz, doch brachte dieser Vorgang immer unliebsame Störungen mit sich. Entweder wurde das Nickel hierbei zu weich, oder es blieben, speziell in den feinen Linien (z. B. bei Autotypien!), kleine Knötchen von Blei sitzen, die die Brauchbarkeit des Niederschlags in Frage stellten. Es ist nun den Langbein-Pfanhauser-Werken gelungen, ein Verfahren ausfindig zu machen, welches diese Übelstände vermeidet, so daß man heute in der Lage ist, Nickelgalvanos in jeder Größe, mit oder ohne Kupferverstärkung herzustellen, die sich leicht und sicher von der Bleimatrize abheben lassen.

Das Verfahren besteht darin, daß eine ungemein dünne Schicht einer Mischung der verschiedensten Bleioxyde hergestellt wird, welche die Feinheiten der Prägung in keiner Weise alterieren. Auf dieser Schichte, die gleichzeitig ein gutes Leitvermögen hat, wächst der Nickelniederschlag, der in einem angewärmten Bade bei Stromdichten von 3,5 bis

4 Amper hergestellt wird, leicht zu. Die Matrizen bleiben, wenn man die Nickelschichten später noch mit Kupfer verstärken will, 20—30 Minuten im Nickelbad. Will man Reinnickel-Galvanos herstellen, die ohne jede Kupferverstärkung Verwendung finden sollen, so wird gewöhnlich in $2^1/_2$ bis 3 Stunden ein genügend starker, duktiler Niederschlag hergestellt, der sich in der beim Kapitel »Kupfergalvanoplastik« beschriebenen Art und Weise weiter bearbeiten läßt. Anstatt mit Kupfer können die Nickelniederschläge auch mit Eisen (der Billigkeit und Dauerhaftigkeit halber) verstärkt werden. Solche Galvanos halten Druckauflagen von weit über 1 Million aus und dürften bald die alten Kupfergalvanos verdrängt haben (vergl. auch das Kapitel »Stahlgalvanoplastik«).

Aber auch von Wachsmatrizen gelingt es jetzt bereits, Nickelgalvanos herzustellen, und sei betreffs dieses neuen Verfahrens auf das Seite 767ff. Gesagte verwiesen. Wenn man eine hohe Druckauflage von beispielsweise 1 Million verlangt, so genügt es, den Nickelniederschlag nur 0,005 mm dick zu machen und ihn dann im Kupferplastikbad zu verstärken. Man benötigt zur Herstellung des Nickelniederschlages ca. 30 bis 45 Minuten, selbst bei Anwendung von Wachsmatrizen genügt diese Zeit, sofern mit einer Stromdichte von 1 Amp. pro Quadratdezimeter (bewegtes Bad ist dabei Bedingung) gearbeitet wird. Die Verarbeitung dieser »Hartnickel-Galvanos«, wie diese gegenannt werden, geschieht auf dieselbe Weise wie die der gewöhnlichen Kupfergalvanos.

Wird mit Wachsmatrizen gearbeitet, so muß man in Rücksicht ziehen, daß bei Schriftsätzen die untersten tiefen Stellen länger zum »Zugehen« im Nickelbad brauchen wie die oberen Partien der Matrizen. Man muß dabei etwas langsamer decken als bei flachen Formen wie Autotypien, Strichätzungen u. dergl., damit der die graphitierte Fläche entlang sich bildende Nickelbelag auch in diese tieferen Partien wachsen kann. Ist einmal die ganze Fläche überzogen, was selbst bei großen Matrizen in ca. 30—45 Min. der Fall ist, dann kann man die Stromdichte erhöhen bis zur Normal-Stromdichte von 1 Amp. pro Quadratdezimeter. Natürlich dehnt man dann die Niederschlagszeit über $^1/_2$ Stunde aus, damit die Stärke des Nickelbelages dick

genug ist, so daß sich die Nickelauflage beim Druck nicht zu rasch abnutzen kann.

Herstellung von Nickelmatern. Eine umfangreiche Anwendung hat die Nickelgalvanoplastik in der Herstellung haltbarer Formen für die Schriftgießereizwecke erfahren. Das Nickel eignet sich als sehr wenig oxydierendes Metall ganz vorzüglich hierzu und kann man solche aus Reinnickel hergestellten Formen in ununterbrochenem Dauerbetrieb verwenden, ohne daß sich das sonst bei Kupfermatrizen beobachtete Oxydieren der feinen Formflächen (durch das heiße Letternmetall veranlaßt!) bemerkbar machen würde. Die Niederschläge, die zu diesem Zwecke hergestellt werden, variieren in der Stärke von 1 bis 3 mm. Sie werden um so dicker hergestellt, je größer die Stücke, d. h. die abzuformenden Buchstaben, sind.

Der Gang der Herstellung solcher Nickelmatern ist folgender: Die aus Letternmetall oder Blei bestehenden Originale werden an zwei Seiten (an der Längsseite in bezug auf die Exposition im Bade) mit Glasstreifen armiert; diese Streifen ragen 5—6 mm über die Fläche, auf der das Nickel niedergeschlagen werden soll, hervor und dienen dazu, die Stromlinien abzublenden. Am oberen Ende werden die »Augen« mit einem breiten Kupferstreifen versehen, an dem die Objekte an die Kathodenstangen des Nickelbades gehängt werden.

Damit man die Nickelniederschläge später gut abtrennen kann, werden die Originale entweder mit Graphit eingepinselt oder mit einer Jodsilberschichte versehen, die in bekannter Weise durch Jodieren einer dünnen Silberschichte hergestellt wird. Die Objekte kommen dann in das Nickelplastikbad, das möglichst tief sein soll, damit sich der Anodenschlamm absetzen kann. Das Bad muß warm erhalten werden, und dient am besten hierzu das Spezialsalz »Nickelplastik WP« der Langbein-Pfanhauser-Werke. Man löst 350—500 g dieses Salzes in reinem Wasser, filtriert zur Vorsicht durch einen Faltenfilter und erhält so das gebrauchsfertige Bad. Man arbeitet mit Stromdichten von 2—3 Amper und bei einer Spannung von $1\frac{1}{2}$ Volt. Die Badtemperatur sei 70° C. Das Bad wird durch Essigsäure schwach sauer gehalten. Das Ansäuern mit Schwefelsäure ist in diesem Falle unpraktisch,

weil man nicht mit der beim Vorhandensein freier Schwefelsäure notwendigen Minimalstromdichte von 5 Amper arbeiten kann, sondern man muß langsamer arbeiten, einerseits um Löcher im Niederschlag zu vermeiden, anderseits um zu verhindern, daß die vorstehenden Kanten der Originale knospig auswachsen.

Der Niederschlag darf nicht unterbrochen werden, und deshalb ist entweder ein rotierender Gleichstromumformer oder ein Aggregat erforderlich oder die Anwendung von Akkumulatoren geboten, die man, wenn der Betrieb mit Dynamo aufhört, ohne Stromunterbrechung an das Nickelbad anschließt. Die Niederschläge erfordern eine Expositionszeit von 3 bis 6 Tagen bei ununterbrochenem Betrieb.

Hartnickelniederschläge. Für besondere Zwecke, z. B. für Gravier- und Reduziermaschinen, ferner für Prägestempel u. dergl. werden häufig auch Legierungen von Nickel und Kobalt aus ihrer Sulfatlösung niedergeschlagen. Eine brauchbare Lösung ist z. B. folgende:

Wasser	1 l
Nickelsulfat	200 g
Kobaltsulfat	100 g
Natriumsulfat	50 g
Essigsäure	5 g

Als Anoden dienen gemischte Anoden, und zwar auf je 2 Nickelanoden 1 Kobaltanode. Die Temperatur der Lösung soll tunlichst hoch gehalten werden, keinesfalls unter 70° C sinken. Die sonstige Arbeitsweise schließt sich an das bei Nickelgalvanoplastik Gesagte an, und sei daher darauf Bezug genommen. Wegen hoher Temperatur der Lösung schalten alle anderen nichtmetallischen Formen von selbst aus.

Hygienische Winke für den Elektroplattierer.

Verfasser hält es zum Schluß noch für seine Pflicht, den Elektroplattierer auf die Gefährlichkeit der ihn umgebenden Gifte und gesundheitsschädlichen Ausdünstungen aufmerksam zu machen und die Mittel anzugeben, wie er sich schützen kann.

Jede gut eingerichtete Elektroplattierwerkstätte soll mit einer kleinen Handapotheke versehen sein, um im Bedarfsfalle alles Nötige rasch bei der Hand zu haben.

Es braucht wohl nicht auf die Lebensgefährlichkeit des stärksten Giftes, »des Cyankaliums«, aufmerksam gemacht zu werden, ein Gift, wovon wenige Gramm genügen, um sofort den Tod herbeizuführen. Bei dem massenhaften Verbrauch, bei dem täglichen Umgang mit diesem und noch anderen Giftstoffen der gefährlichsten Art, bei der in der Praxis unvermeidlichen Sorglosigkeit der Arbeiter im Umgang mit diesen Giften ist es wahrlich ein Wunder zu nennen, daß man fast nie von Vergiftungsfällen in unseren Fachkreisen hört.

Die Sicherheit im Umgang mit gefährlichen Sachen ist es, die uns zumeist davor schützt, die instinktive Vorsicht, die uns der Selbsterhaltungstrieb vorschreibt.

»Vorsicht ist das beste Schutzmittel gegen alle Unfälle! Vorgebeugt ist leichter als abgeholfen!«

Die Luft in jeder Elektroplattierwerkstätte ist, je nach der mehr oder weniger guten Bauart und Ventilation der Lokalität, weniger oder reichlicher mit Säuredämpfen geschwängert. Fleißiges Trinken kohlensäurehältiger Wasser (Selters, Sodawasser u. ä.) ist anzuempfehlen. Namentlich der Gelbbrenner wird viel von den Salpetersäuredämpfen zu leiden haben. Hie und da eine Messerspitze doppeltkohlensaures Natron genommen, wird Zähne und Appetit erhalten.

Wer viel mit den Händen in Cyankalium-, Ätzkali- und ähnlichen Lösungen oder mit Polierkalk (Wienerkalk) zu tun hat, bekommt meist aufgesprungene Hände, mitunter sehr schmerzhaft. Man wird guttun, die Hände fleißig zu waschen und mit Zinksalbe einzureiben. Leute, welche gegen Kalk besonders empfindlich sind, sollen sich beim Arbeiten der Gummihandschuhe bedienen.

Die Handapotheke soll folgende Vorräte enthalten:

Essigsaures Eisenoxyd, gebrannte Magnesia, kohlensaure Magnesia, doppeltkohlensaures Natron, Ammoniak, Zinkvitriol, Bittersalz, Kochsalz, Chlorkalk, Schwefelsäure, Schwefelsäurewasser (1 : 100), Liniment, Speiseöl, Eibisch- oder Süßholzwurzeln, kohlensäurehaltige Gewässer (Selters, Soda o. a.).

Die in unserer Industrie in Verwendung befindlichen Gifte sind hauptsächlich folgende:

Cyankalium, überhaupt alle Cyanpräparate,
Blausäure,
Arsenik,
Quecksilberpräparate,
Die meisten Metallsalze (Grünspan, Bleisalze etc.),
Alle Alkalien und Säuren (Ätzkali, Salmiakgeist, Schwefelsäure [Vitriol], Salpetersäure etc.).

»In allen Vergiftungsfällen heißt es rasch handeln!« So rasch wie möglich sind die geeigneten Gegenmittel zu nehmen, gleichzeitig heftiges Erbrechen mittelst Kitzeln im Halse herbeizuführen, viel Wasser trinken, sehr kalte Waschungen, Frottierungen, überhaupt alles aufzubieten, bis ein Arzt herbeigerufen ist.

Bei Vergiftung mit Cyankalium, Blausäure und anderen Cyanverbindungen, wenn dieselben in konzentrierten Mengen in den Magen gelangen, ist kaum Hoffnung vorhanden, das Leben zu retten. Die tödliche Wirkung dieser Giftstoffe ist so rasch, daß selten Zeit bleibt, um Gegenmittel anzuwenden. Übrigens soll man nie verzweifeln und sein Möglichstes versuchen, sehr rasch eine recht verdünnte Lösung von essigsaurem Eisenoxyd trinken, gleichzeitig recht kalte Waschungen und Begießungen auf Kopf und Rückgrat in reichlichem Maße, vorsichtiges Einatmen von Chlorgas (wird bereitet, indem man Chlorkalk mit Wasser und einigen Tropfen Schwefelsäure befeuchtet).

Bei Arsenikvergiftungen ist zunächst durch heftiges Erbrechen so viel als möglich der Magen zu entleeren und gleichzeitig viel Milch zu trinken. Das beste Gegenmittel gegen Arsenik ist gebrannte Magnesia mit 20 Teilen Wasser angerührt.

Bei Vergiftungen mit Quecksilberpräparaten reiche man Eiweiß mit viel Wasser (etwa alle zwei Minuten ein Eiweiß) und während der Genesung Fleischbrühe, Milch und schleimige Getränke.

Bei Kupfersalzvergiftungen (durch Grünspan z. B.) Entleerung des Magens durch Erbrechen, reichliches Trinken

von warmem, abgequirltem Eiweißwasser, nebst Einnehmen von gebrannter Magnesia.

Bleisalzvergiftungen werden nach Magenentleerung durch Erbrechen mit Milch, Eiweißwasser, Bittersalz- oder Kochsalzauflösung behandelt.

Vergiftungen mit Ätzalkalien (Ätzkali, Ätznatron, Pottasche, Lauge, Ammoniak usf.) begegnet man durch reichliches Trinken sehr verdünnter Salzsäure (in Wasser nur so viel Säure gegossen, daß es angenehm säuerlich, wie eine Limonade schmeckt). Wenn die Schmerzen nachlassen, kann man einige Löffel Speiseöl reichen.

Ätzende Säuren (Schwefelsäure, Salpetersäure, Salzsäure etc.) werden mit Magnesia unschädlich gemacht, gleichzeitig viel Wasser trinken (Seifenwasser ist noch besser).

Bei heftigen äußerlichen Ätzverwundungen mit Salpeter- oder Schwefelsäure wasche man sich rasch mit viel kaltem Wasser, in welches man ohne Sparsamkeit kohlensaure Magnesia geworfen hat. Die Wunden bestreicht man reichlich und möglichst oft mit einer Mischung von Leinöl mit Kalkwasser, welche in jeder Apotheke als »Liniment gegen Verbrennungen« zu bekommen ist, legt allenfalls auch Watte auf, welche gleichfalls mit Liniment getränkt ist, wodurch bald Linderung und Heilung erfolgen wird. Dieses Liniment ist überhaupt auch bei allen Verbrennungen durch Feuer oder kochende Flüssigkeiten ein schmerzstillendes Heilmittel.

Bei Unfällen durch Einatmung schädlicher Säuredämpfe (Chlor, schwefelige Säure, braune Untersalpetersäuredämpfe etc.) wirkt zunächst reine Luft, viel Luft, gleichzeitig vorsichtiges Einatmen von Ammoniak, reichliches Trinken warmer Milch, Frottierungen, laues Fußbad, Eibisch- oder Süßholzwurzeln im Munde halten und kauen.

Vorsicht ist das einzig beste Präservativmittel! Man wird Pfeife und Zigarre, Frühstücksbrot, Trinkgläser etc. in ehrerbietiger Entfernung von unseren meist giftigen Lösungen halten, man wird nicht die Trinkwasserflasche zum Filtrieren, das Bierglas zum Herausschöpfen verwenden. Man wird nicht, wenn man z. B. ein Bad mittelst Glasheber abziehen will, einfach mit dem Mund saugen etc.

Anhang.

Maße und Gewichte.

Metrische Maße.

Längenmaße:

1 Meter (m) = 10 Dezimeter (dm) = 100 Zentimeter (cm)
= 1000 Millimeter (mm)

10 Meter = 1 Dekameter (dkm)
100 Meter = 1 Hektometer (hm)
1 000 Meter = 1 Kilometer (km)
10 000 Meter = 1 Myriameter (Mm)

Flächenmaße:

1 Quadratmeter (qm) = 100 Quadratdezimeter (qdm) = 10 000 Quadratzentimeter (qcm) = 1 000 000 Quadratmillimeter (qmm)

100 Quadratmeter = 1 Ar (a)
10 000 Quadratmeter = 100 Ar = 1 Hektar (ha)

Gewichtsmaße:

1 Kilogramm (kg) = 10 Hektogramm (hg) = 100 Dekagramm (dkg)
= 1000 Gramm (g)

1 Gramm = 10 Dezigramm (dg) = 100 Zentigramm (cg)
= 1000 Milligramm (mg)

100 Kilogramm = 1 Meterzentner
1000 Kilogramm = 10 Meterzentner = 1 Tonne (t)

Kubikmaße:

1 Kubikmeter (cbm) = 1000 Kubikdezimeter (cbdm) = 1000 000 Kubikzentimeter (cbcm) = 1000 000 000 Kubikmillimeter (cbmm)

$^1/_{10}$ Kubikmeter = 100 Liter = 1 Hektoliter (hl)
$^1/_{1000}$ Kubikmeter = 1 Kubikdezimeter (cbdm) = 1 Liter (l)

Maße und Gewichte in England und Nordamerika.

1 Fuß = 12 Zoll = $^1/_3$ Yard = 0,30479 m
1 Rute = $5^1/_2$ Yards = 5,0291 m
1 Meile = 1760 Yards = 8 Furlongs = 1609,2 m
1 Acker = 160 Quadratruten = 40,467 a
1 Gallon = 4,5435 Liter
1 Quarter = 8 Bushels = 32 Peaks = 64 Gallons = 256 Quarts = 512 Pints = 290,78 Liter
1 Bushel = 8 Gallons = 36,848 Liter
1 Pfund (avoir du poid) = 453,50 Gramm
1 Pfund Troy-Gew. = 5760 Grains = 373,246 Gramm
1 Tonne = 20 Zentner = 160 Stein = 2240 Av.-Pfund

Maße und Gewichte in Rußland.

1 Fuß = 1 engl. Fuß = 135,114 Pariser Linien = 0,3048 m
1 Werst = 3500 Fuß = 500 Saschehn = 1066,78 m
1 Saschehn = 3 Arschin = 7 Fuß = 48 Werschok = 84 Zoll = 2,1336 m
1 Pfund = 32 Lot = 96 Solotnik = 409,52 Gramm
1 Pud = 40 Pfd. = 16,38 kg

Gewichte von 1 qm Blech in Kilogramm.

Stärke in mm	Schweißeisen	Kupfer	Messing	Zink	Blei	Nickel	Zinn	Aluminium
0,25	1,95	2,23	2,14	1,73	2,85	2,25	1,83	0,65
0,50	3,90	4,46	4,28	3,46	5,70	4,50	3,65	1,29
0,75	5,84	6,69	6,41	5,18	8,55	6,75	5,48	1,94
1	7,79	8,90	8,55	6,90	11,40	9,00	7,30	2,58
2	15,58	17,80	17,10	13,80	22,80	18,00	14,60	5,16
3	23,37	26,70	25,65	20,70	34,20	27,00	21,90	7,74
4	31,16	35,60	34,20	27,60	45,60	36,00	29,20	10,32
5	38,95	44,50	42,75	34,50	57,00	45,00	36,50	12,90
6	46,74	53,40	51,30	41,40	68,40	54,00	43,80	15,48
7	54,53	62,30	59,85	48,30	79,80	63,00	51,10	18,06
8	62,32	71,20	68,40	55,20	91,20	72,00	58,40	20,64
9	70,11	80,10	76,95	62,10	102,60	81,00	65,70	23,22
10	77,90	89,00	85,50	69,00	114,00	90,00	73,00	25,83

Tabelle der Aräometergrade nach Baumé bei 17,5° C und der Volumgewichte.

Baumégrade	Volumgewicht	Baumégrade	Volumgewicht	Baumégrade	Volumgewicht	Baumégrade	Volumgewicht
0	1,0000	19	1,1487	38	1,3494	57	1,6349
1	1,0068	20	1,1578	39	1,3619	58	1,6533
2	1,0138	21	1,1670	40	1,3746	59	1,6721
3	1,0208	22	1,1763	41	1,3876	60	1,6914
4	1,0280	23	1,1858	42	1,4009	61	1,7111
5	1,0353	24	1,1955	43	1,4143	62	1,7313
6	1,0426	25	1,2053	44	1,4281	63	1,7520
7	1,0501	26	1,2153	45	1,4421	64	1,7731
8	1,0576	27	1,2254	46	1,4564	65	1,7948
9	1,0653	28	1,2357	47	1,4710	66	1,8171
10	1,0731	29	1,2462	48	1,4860	67	1,8398
11	1,0810	30	1,2569	49	1,5012	68	1,8632
12	1,0890	31	1,2677	50	1,5167	69	1,8871
13	1,0972	32	1,2788	51	1,5325	70	1,9117
14	1,1054	33	1,2901	52	1,5487	71	1,9370
15	1,1138	34	1,3015	53	1,5652	72	1,9629
16	1,1224	35	1,3131	54	1,5820		
17	1,1310	36	1,3250	55	1,5993		
18	1,1398	37	1,3370	56	1,6169		

Löslichkeits-Tabelle der in der Galvanotechnik gebräuchlichen chemischen Verbindungen.

	Löslich in 100 Gewichtsteilen Wasser von	
	10° C Gew.-T.	100° C Gew.-T.
Aluminiumchlorid	400	sehr löslich
Aluminiumsulfat (auf wasserfreies Salz berechnet)	35	1130
Ammoniakalaun	9	422
Ammoniumchlorid (Salmiak)	33	73
Ammonium-Platinchlorid (Platinsalmiak)	0,65	1,25
Ammoniumsulfat	73,6	97,5
Arsenige Säure	4	9,5
Bleinitrat	48	139
Bleizucker	45,35	sehr löslich
Borsäure	2,7	29
Chromsäure	sehr löslich	sehr löslich
Cremor tartari	0,4	6,9
Eisenammonsulfat (auf wasserfreies Salz berechnet)	17	56,7 bei 75° C
Eisenoxydulsulfat (Eisenvitriol)	61	333
Ferrocyankalium (gelbes Blutlaugensalz, Kaliumeisencyanür)	28	50
Goldchlorid (Chlorgold)	löslich	löslich
Goldcyanid	sehr löslich	sehr löslich
Kadminiumchlorid, krist.	140	149
Kadminiumsulfat	95	80
Kalium-Aluminiumsulfat (Kali-Alaun), krist.	9,8	357,5
Kalium-Antimontartrat (Brechweinstein)	5,2	28 bei 75° C
Kaliumbichromat	8,0	98
Kaliumbikarbonat	23	45 bei 70° C
Kaliumkarbonat	109	156
Kaliumcyanid (Cyankalium)	löslich	zersetzlich
Kaliumgoldcyanid	löslich	löslich
Kaliumkupfercyanid	94	154
Kalium-Natriumtartrat (Seignettesalz)	58	sehr löslich
Kaliumnitrat	21,1	247
Kaliumpermanganat (Übermangansaures Kali)	6,45	sehr löslich
Kaliumsilbercyanid	12,5	100
Kaliumzinkcyanid	42	78,5

	Löslich in 100 Gewichtsteilen Wasser von	
	10° C Gew.-T.	100° C Gew.-T.
Kobalt-Ammonsulfat (auf wasserfreies Salz berechnet)	11,6	43,3 bei 75° C
Kobaltsulfat (a. wasserfr. Salz ber.)	30,5	65,7 bei 70° C
Kupferacetat (Grünspan), neutral	7,4	20
Kupferchlorid	löslich	sehr löslich
Kupfersulfat (Kupfervitriol), krist.	37	203
Magnesiumsulfat (Bittersalz)	31,5	71,5
Natriumbichromat	108,5	163
Natriumkarbonat, wasserfrei (kalz. Soda)	12	45
Natriumkarbonat (krist. Soda)	40	540 bei 104° C
Natriumchlorid (Kochsalz)	36	40,7 bei 102° C
Natriumhydrat (Ätznatron)	96,1	213
Natriumhyposulfit, Natriumthiosulfat (wasserfreies Salz)	65	102 bei 60° C
Natriumphosphat	20	150
Natriumpyrophosphat	6,8	93
Natriumsulfat (Glaubersalz)	9	42,5
Natriumsulfit (neutral), krist.	25	100
Natriumbisulfit (Doppeltschwefligsaures Natron)	sehr löslich	sehr löslich
Nickelchlorür, krist.	50—66	sehr löslich
Nickelammonsulfat (auf wasserfreies Salz berechnet)	3,2	28,6
Nickelnitrat (Salpetersaures Nickel), krist.	50	sehr löslich
Nickelsulfat (a. wasserfr. Salz ber.)	37,4	62 bei 70° C
Platinchlorid	löslich	sehr löslich
Quecksilberchlorid (Sublimat)	6,57	54
Quecksilberoxydnitrat	zersetzlich	zersetzlich
Quecksilberoxydsulfat	zersetzlich	zersetzlich
Quecksilberoxydulnitrat	wenig löslich	wenig löslich
Quecksilberoxydulsulfat	sehr wenig löslich	zersetzlich
Silbernitrat	122 bei 0° C 227 bei 19,5° C	714 bei 85° C 1111 bei 110° C
Schwefelleber (Schwefelkalium)	sehr löslich	sehr löslich
Wein(stein)säure	125,7	343,3
Zinkchlorid	300	sehr löslich
Zinksulfat (Zinkvitriol), krist.	138,2	653,6
Zinnchlorid	löslich	löslich
Zinnchlorür	271	zersetzlich
Zitronensäure	133	sehr löslich

Metallgehalte der gebräuchlichsten Metallsalze.

Berechnet von Frießner.

Metallverbindung	Formel	Metallgehalt in %
Ammoniumplatinchlorid	$(NH_4)_2 PtCl_6$	43,91
Bleinitrat, krist.	$Pb(NO_3)_2$	62,51
Bleiacetat (Bleizucker), krist.	$Pb(C_2H_3O_2)_2 + 3 H_2O$	54,57
Cuprocuprisulfit	$Cu_3(SO_3)_2 + 2 H_2O$	49,10
Cupron (Kupferoxydul)	Cu_2O	88,79
Eisenvitriol (Eisenoxydulsulfat, krist.)	$FeSO_4 + 7 H_2O$	20,14
Eisenoxydulammonsulfat, krist.	$(NH_4)_2Fe(SO_4)_2 + 6 H_2O$	14,62
Goldchlorid (braun), technisch	$AuCl_3 + x$ aq.	50—52
Goldchlorid (orange), technisch	$AuCl_3 + x$ aq.	48—49
Kobaltchlorür (Chlorkobalt)	$CoCl_2 + 6 H_2O$	24,68
Kobaltsulfat, krist.	$CoSO_4 + 7 H_2O$	20,92
Kobaltammonsulfat, krist.	$(NH_4)_2Co(SO_4)_2 + 6 H_2O$	14,62
Kupferchlorid, krist.	$CuCl_2 + 2 H_2O$	37,07
Kupfercyankalium, krist., technisch	$K_4Cu_2(CN)_6$	28,83
Kupferacetat, krist. (Grünspan)	$Cu(C_2H_3O_2)_2 + H_2O$	31,87
Kupferkarbonat (Bergblau)	$2 CuCO_3 Cu(OH)_2$	55,20
Kupfervitriol (Kupfersulfat), krist.	$CuSO_4 + 5 H_2O$	25,40
Kupfercyanürcyanid (Cyankupfer)	$Cu_3(CN)_4 + 5 H_2O$	56,50
Kupferoxyd	CuO	79,83
Nickelkarbonat, basisch (bei 100° getr.)	$NiCO_3\ 4 NiO, 5 H_2O$	57,87
Nickelammonsulfat, krist.	$(NH_4)_2Ni(SO_4)_2 + 6 H_2O$	14,94
Nickelchlorid, krist.	$NiCl_2 + 6 H_2O$	24,63
Nickelchlorid, wasserfrei	$NiCl_2$	45,30
Nickelnitrat, krist.	$Ni(NO_3)_2 + 6 H_2O$	18,97
Nickeloxydulhydrat	$Ni(OH)_2 + H_2O$ (bei 100° getr.)	63,34
Nickeloxyd	Ni_2O_3	71,00
Nickelsulfat, krist.	$NiSO_4 + 7 H_2O$	22,01
Platinchlorid (Platinsalz)	$PtCl_4 + 5 H_2O$	45,66
Quecksilberchlorid	$HgCl_2$	73,87
Quecksilberkaliumcyanid	$K_2Hg(CN)_4$	53,56
Quecksilberoxydulnitrat	$Hg_2(NO_3)_2$	79,36
Silberchlorid (Chlorsilber)	$AgCl$	68,20
Silbercyanid (Cyansilber)	$AgCN$	80,57
Silberkaliumcyanid, krist.	$KAg(CN)_2$	54,20
Silbernitrat, krist.	$AgNO_3$	64,98
Zinkchlorid	$ZnCl_2$	47,84
Zinkammoniumchlorid	$NH_4ZnCl_3 + 2 H_2O$	28,98
Zinkcyanid (Cyanzink)	$Zn(CN)_2$	56,59
Zinkkaliumcyanid, krist.	$K_2Zn(CN)_4$	26,35
Zinkkarbonat	$ZnCO_3 Zn(OH)_2$	29,05
Zinksulfat (Zinkvitriol), krist.	$ZnSO_4 + 7 H_2O$	22,73
Zinnchlorür (Zinnsalz)	$SnCl_2 + 2 H_2O$	52,45

Tabelle der Leitvermögen und der spez. Widerstände der wichtigsten Elektrolyte.

1. Säuren.

Substanz	Prozentgehalt der Lösung	Temperatur der Lösung	Leitvermögen eines cbdm	Widerstand eines cbdm Ω
Schwefelsäure H_2SO_4	5	18° C	2,085	0,477
	10	18°	3,915	0,255
	15	18°	5,432	0,184
	20	18°	6,527	0,153
	25	18°	7,171	0,139
	30	18°	7,388	0,135
	35	18°	7,243	0,138
	40	18°	6,800	0,147
	45	18°	6,164	0,162
	50	18°	5,405	0,185
	55	18°	4,576	0,218
	60	18°	3,726	0,269
	65	18°	2,905	0,343
	70	18°	2,157	0,463
	75	18°	1,522	0,657
	78	18°	1,238	0,809
	80	18°	1,105	0,905
Salzsäure HCl	5	18°	3,948	0,253
	10	18°	6,302	0,159
	15	18°	7,453	0,134
	20	18°	7,615	0,131
	25	18°	7,225	0,138
	30	18°	6,620	0,151
	35	18°	5,910	0,169
	40	18°	5,152	0,194
Essigsäure $C_2H_4O_2$	0,3	18°	0,0032	312,0
	1	18°	0,0058	173,0
	5	18°	0,0123	81,5
	10	18°	0,0153	65,4
	15	18°	0,0162	61,8
	20	18°	0,0161	62,0
	25	18°	0,0152	65,8
	30	18°	0,0140	71,3
	35	18°	0,0125	80,0
	40	18°	0,0108	92,6
	45	18°	0,0091	110,0
	50	18°	0,0074	125,0

Substanz	Prozentgehalt der Lösung	Temperatur der Lösung	Leitvermögen eines cbdm	Widerstand eines cbdm Ω
Borsäure H_3BO_3	0,776	18° C	0,000022	45500,0
	1,92	18°	0,00011	9100,0
	2,88	18°	0,00021	4770,0
	3,612	18°	0,00031	3230,0
Salpetersäure HNO_3	6,2	18°	3,123	0,320
	12,4	18°	5,418	0,184
	18,6	18°	6,901	0,145
	24,8	18°	7,676	0,130
	31,0	18°	7,819	0,128
	37,2	18°	7,545	0,132
	43,4	18°	6,998	0,143
	49,6	18°	6,341	0,158
	55,8	18°	5,652	0,177
	62,0	18°	4,969	0,202

2. Basen.

Substanz	Prozentgehalt der Lösung	Temperatur der Lösung	Leitvermögen eines cbdm	Widerstand eines cbdm Ω
Ätzkali (KOH)	4,2	18° C	1,464	0,685
	8,4	18°	2,723	0,367
	12,6	18°	3,763	0,266
	16,8	18°	4,558	0,219
	21,0	18°	5,106	0,195
	25,2	18°	5,403	0,185
	29,4	18°	5,434	0,184
	33,6	18°	5,221	0,192
	37,8	18°	4,790	0,208
	42,0	18°	4,212	0,237
Ätznatron NaOH	2,5	18°	1,087	0,919
	5	18°	1,969	0,465
	10	18°	3,124	0,320
	15	18°	3,463	0,288
	20	18°	3,270	0,305
	25	18°	2,717	0,369
	30	18°	2,022	0,495
	35	18°	1,507	0,663
	40	18°	1,164	0,860
	42	18°	1,065	0,940

Substanz	Prozentgehalt der Lösung	Temperatur der Lösung	Leitvermögen eines cbdm	Widerstand eines cbdm Ω
Ammoniak NH_3	0,1	18° C	0,00251	400,0
	0,4	18°	0,00492	203,0
	0,8	18°	0,00657	152,0
	1,6	18°	0,00867	115,0
	4,01	18°	0,01095	91,0
	8,03	18°	0,01038	96,0
	16,15	18°	0,00632	158,0
	30,5	18°	0,00193	518,0
Ätzbaryt $Ba(OH)_2$	1,25	18°	0,250	4,00
	2,5	18°	0,479	2,08
Lithiumhydroxyd $LiOH$	1,25	18°	0,781	1,280
	2,5	18°	1,416	0,708
	5,0	18°	2,396	0,417
	7,5	18°	2,999	0,333

3. Salze.

Substanz	Prozentgehalt der Lösung	Temperatur der Lösung	Leitvermögen eines cbdm	Widerstand eines cbdm Ω
Kupfervitriol $CuSO_4$	2,5	18° C	0,109	9,16
	5	18°	0,189	4,85
	10	18°	0,320	3,13
	15	18°	0,421	2,37
	17,5	18°	0,458	2,18
Zinkvitriol $ZnSO_4$	5	18°	0,191	5,23
	10	18°	0,321	3,12
	15	18°	0,415	2,41
	20	18°	0,468	2,14
	25	18°	0,480	2,08
	30	18°	0,444	2,25
Nickelsulfat $NiSO_4$	5	20°	0,131	7,62
	10	20°	0,223	4,47
	15	20°	0,292	3,41
	20	20°	0,353	2,83
	25	20°	0,400	2,50
	30	20°	0,438	2,29
	35	20°	0,472	2,12
	40	20°	0,487	2,05
	45	20°	0,519	1,93

Substanz	Prozentgehalt der Lösung	Temperatur der Lösung	Leitvermögen eines cbdm	Widerstand eines cbdm Ω
Nickeläthylsulfat $Ni(C_2H_5SO_4)_2$	5	20° C	0,136	7,37
	10	20°	0,210	4,76
	15	20°	0,281	3,57
	20	20°	0,346	2,88
	25	20°	0,393	2,54
	30	20°	0,436	2,29
	35	20°	0,468	2,13
	40	20°	0,511	1,96
	45	20°	0,511	1,96
	50	20°	0,445	2,25
Nickelammonsulfat $(NH_4)_2Ni(SO_4)_2$	5	20°	0,281	3,57
	10	20°	0,472	2,12
	15	20°	0,649	1,54
Magnesiumsulfat $MgSO_4$ aq.	5	20°	0,158	6,32
	10	20°	0,272	3,69
	15	20°	0,395	2,53
	20	20°	0,455	2,20
	25	20°	0,475	2,11
Ammonsulfat $(NH_4)_2SO_4$	5	20°	0,585	1,71
	10	20°	1,06	0,95
	15	20°	1,43	0,70
	20	20°	1,73	0,58
	25	20°	2,12	0,47
Natriumsulfat kalz. Na_2SO_4	5	20°	0,424	2,36
	10	20°	0,694	1,44
	15	20°	0,892	1,12
Kaliumsulfat K_2SO_4	5	18°	0,458	2,18
	10	18°	0,860	1,16
Zinkchlorid $ZnCl_2$	2,5	18°	0,276	3,62
	5	18°	0,483	2,07
	10	18°	0,727	1,38
	20	18°	0,912	1,09
	30	18°	0,926	1,08
	40	18°	0,845	1,18
	50	18°	0,630	1,59
	60	18°	0,369	2,71

Substanz	Prozentgehalt der Lösung	Temperatur der Lösung	Leitvermögen eines cbdm	Widerstand eines cbdm Ω
Eisenchlorür $FeCl_2$	10	75° C	1,62	0,615
	20	75°	2,40	0,416
	30	75°	2,79	0,357
	40	75°	2,74	0,364
	50	75°	2,55	0,392
do.	10	85°	1,74	0,572
	20	85°	2,61	0,383
	30	85°	2,98	0,335
	40	85°	2,99	0,334
	50	85°	2,70	0,358
do.	10	95°	1,90	0,525
	20	95°	2,79	0,358
	30	95°	3,14	0,319
	40	95°	3,18	0,314
	50	95°	3,01	0,332
Chlorcalcium $CaCl_2$	5	18°	0,643	1,55
	10	18°	1,141	0,875
	15	18°	1,505	0,664
	20	18°	1,728	0,578
	25	18°	1,781	0,560
	30	18°	1,658	0,603
	35	18°	1,366	0,730
do.	10	75°	2,13	0,470
	20	75°	3,14	0,319
	25	75°	3,24	0,309
	30	75°	3,83	0,261
	40	75°	3,50	0,285
	50	75°	3,22	0,311
do.	10	85°	2,33	0,428
	20	85°	3,47	0,288
	25	85°	3,64	0,275
	30	85°	3,83	0,261
	40	85°	4,02	0,248
	50	85°	3,37	0,297
do.	10	95°	2,44	0,409
	20	95°	3,80	0,263
	25	95°	4,06	0,246
	30	95°	4,24	0,236
	40	95°	4,38	0,228
	50	95°	4,08	0,245

Substanz	Prozentgehalt der Lösung	Temperatur der Lösung	Leitvermögen eines cbdm	Widerstand eines cbdm Ω
Zitronensaures Natron $NaC_6H_7O_7$	5	20° C	0,228	4,38
	10	20°	0,375	2,66
	15	20°	0,484	2,07
	20	20°	0,558	1,79
Cyankalium KCN	5	20°	0,773	1,30
	10	20°	1,680	0,595
	15	20°	2,395	0,417
Silbernitrat $AgNO_3$	5	18°	0,256	3,90
	10	18°	0,476	2,10
	15	18°	0,683	1,46
	20	18°	0,872	1,15
	25	18°	1,058	0,94
	30	18°	1,239	0,81
	35	18°	1,406	0,71
	40	18°	1,565	0,64
	45	18°	1,716	0,58
	50	18°	1,856	0,54
	55	18°	1,984	0,51
	60	18°	2,101	0,47
Kaliumnitrat KNO_3	5	18°	0,454	2,20
	10	18°	0,839	1,19
	15	18°	1,186	0,85
	20	18°	1,505	0,66
Natriumnitrat $NaNO_3$	5	18°	0,436	2,28
	10	18°	0,782	1,28
	20	18°	1,303	0,76
	30	18°	1,606	0,62
Ammoniumnitrat NH_4NO_3	5	18°	0,590	1,69
	10	18°	1,117	0,89
	20	18°	2,060	0,49
	30	18°	2,841	0,35
	40	18°	3,373	0,30
	50	18°	3,633	0,27
Bleinitrat $Pb(NO_3)_2$	5	18°	0,191	5,24
	10	18°	0,322	3,11
	15	18°	0,429	2,33
	20	18°	0,521	1,92
	25	18°	0,600	1,66
	30	18°	0,668	1,50

Substanz	Prozentgehalt der Lösung	Temperatur der Lösung	Leitvermögen eines cbdm	Widerstand eines cbdm Ω
Essigsaures Natron	5	18° C	0,295	3,38
$NaC_2H_3O_2$	10	18°	0,481	2,08
	20	18°	0,651	1,54
	30	18°	0,600	1,66
Magnesiumchlorid	5	18°	0,683	1,47
$MgCl_2$	10	18°	1,128	0,88
	20	18°	1,402	0,71
	30	18°	1,061	0,94

Sachregister.

Graphische Kunstanstalten J. J. Weber,
Leipzig, Reudnitzer Straße 1—7.